

Aus der I. Medizinischen Klinik und Poliklinik
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Direktor: Professor Dr. R. Duesberg

DIE VERTEILUNG DER WERTE FÜR DIE "RELATIVE"
QT-DAUER VON NICHT PATHOLOGISCH VERÄNDERTEN
ELEKTROKARDIOGRAMMEN

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Hohen Medizinischen
Fakultät der Johannes Gutenberg - Universität Mainz

vorgelegt von

Klaus Wallau

aus

Bad Kreuznach

Mainz 1967

Aus der I. Medizinischen Klinik und Poliklinik
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Direktor: Professor Dr. R. Duesberg

DIE VERTEILUNG DER WERTE FÜR DIE "RELATIVE"
QT-DAUER VON NICHT PATHOLOGISCH VERÄNDERTEN
ELEKTROKARDIOGRAMMEN

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Hohen Medizinischen
Fakultät der Johannes Gutenberg - Universität Mainz

vorgelegt von

Klaus Wallau

aus

Bad Kreuznach

Mainz 1967



Dekan: Prof. Dr. Diethelm

Referent: Prof. Dr. Spitzbarth

Korreferent: Prof. Dr. Duesberg

Inhaltsverzeichnis

I Einleitung

II Die " relative " QT-Dauer

III Theorie und Klinik der QT-Dauer

IV Eigene Untersuchungen

1) Methodik

2) Statistische Auswertung und Erläuterung der verwendeten statistischen Begriffe

V Ergebnisse, Tabellen und Abbildungen

VI Diskussion

VII Vergleich mit den Formeln von Hegglin-Holzmann,

Fridericia, Schocken, Adams und Ljung

VIII Zusammenfassung

IX Literaturverzeichnis

I. E I N L E I T U N G

Bei der enormen Bedeutung der Erkrankungen des Herzkreislaufsystems für die gesamte Medizin verwundert es nicht, daß man in der Elektrokardiographie immer wieder versucht, die relative QT-Zeit neben den anderen Kriterien zur Beurteilung eines Elektrokardiogramms heranzuziehen. Weiteres Interesse erlangt die relative QT-Zeit durch ihre Beziehungen zu Elektrolytstoffwechselstörungen. Bei der Beurteilung der relativen QT-Zeit stößt man immer wieder auf die Schwierigkeit der Abgrenzung des Gesunden vom Krankhaften, des Physiologischen vom Pathologischen. Der normalen Streubreite der relativen QT-Dauer bei 1903 Elektrokardiogrammen ohne pathologische Veränderung galt deshalb diese Untersuchung. Dabei lag das Hauptgewicht auf der Anwendung moderner statistischer Methoden.

II. Die "relative" QT - Dauer

Bei einem Elektrokardiogramm wird grundsätzlich zwischen einem Vorhofteil und einem Kammerteil unterschieden. In der P-Zacke bzw. der PQ-Strecke sind die Erregungsausbreitung und die Erregungsrückbildung in den Vorhöfen enthalten, von denen die letztere, wie man aus den Ösophagusableitungen weiß, noch in den Beginn des Kammerteils hineinreicht und sich in den üblichen Extremitätenableitungen mit der QRS-Gruppe teilweise überlagert. Die PQ-Dauer wird auch als Überleitungszeit bezeichnet. Daran schließt sich die Kammeranfangsschwankung an, die QRS-Gruppe, der die Erregungsausbreitung in den Ventrikeln entspricht. Die Erregungsrückbildung in den Ventrikeln ist in dem sich anschließenden Kammerendteil enthalten, der sich aus der ST-Strecke und der T-Welle zusammensetzt. Die hin und wieder auftretende U-Welle ist in ihrer Bedeutung noch nicht ganz geklärt. Immerhin wird heute angenommen, daß sie die einzige elektrische Äußerung des Herzens während der Diastole ist.

Daraus leitet sich die Berechtigung ab , die QT-Dauer oder QT-Zeit, in der Kammeranfangsschwankung und Kammerendteil enthalten sind, als elektrische Systole zu bezeichnen.

M i k i (31) bezeichnet den QT-Teil auch als Elektroventrikulogramm (EVG) oder Kammer-EKG (K-EKG). Einthoven glaubte noch, daß die QT-Zeit gleich der mechanischen Systole des Herzens sei. Diese Annahme wird durch die Arbeiten von B a r t o s und B u r - s t e i n (2), G r o s s e - B r o c k h o f f und S t r o t m a n n (12) und H e g g l i n (15), am eindruckvollsten aber durch das Krankheitsbild der energetisch- dynamischen Herzinsuffizienz H e g g - l i n s (17), widerlegt, dessen Kennzeichen die Dissoziation von mechanischer und elektrischer Systole ist. Anders als bei der PQ-Zeit und dem QRS-Komplex gibt es für die QT-Dauer keinen absoluten Höchstwert, dessen Überschreiten pathologisch wäre, bzw. es gibt einen Höchstwert immer nur in Abhängigkeit von der Herzfrequenz oder, was gleichbedeutend ist, von dem RR-Intervall (PP-Intervall, SS-Intervall usw.), also der Herzperiodendauer. Mit anderen Worten ist die

QT - Dauer von der Herzfrequenz stärker abhängig als die PQ-Zeit. Sie wird deshalb "relative" QT-Dauer genannt. Diese Abhängigkeit ist seit W a l l e r s (41) Arbeit aus dem Jahre 1914 bekannt. Seit dieser Zeit wurden etwa 30 verschiedene Beziehungen zwischen QT-Zeit und Herzperiodendauer aufgestellt (H e g g - l i n (16)).

Neben einfachen Tabellen oder Bezugstabellen wurden im wesentlichen folgende Formeln mit unterschiedlichen Konstanten aufgestellt :

1. $QT = K \sqrt{RR}$ K= Konstante.
2. $QT = K \sqrt[3]{RR}$ RR= RR-Intervall.
3. $QT = a RR + b$ a= Steigung einer Geraden.
b= Schnittpunkt einer Geraden mit der Abszisse.

Eine bekannte Bezugstafel stammt von H e c h t und K o r t h (13) :

Herzschläge pro Minute	QT-Zeit in Sekunden
45 - 50	0,40 - 0,51
51 - 55	0,38 - 0,50
56 - 60	0,36 - 0,48
61 - 65	0,35 - 0,45
66 - 70	0,34 - 0,43
71 - 75	0,33 - 0,42
76 - 80	0,32 - 0,41
81 - 85	0,31 - 0,39
86 - 90	0,29 - 0,38
91 - 95	0,29 - 0,37
96 - 100	0,29 - 0,36
101 - 105	0,28 - 0,35
106 - 110	0,28 - 0,35
111 - 115	0,28 - 0,35
116 - 120	0,27 - 0,32
darüber bis 150	0,25 - 0,30

Die Formel von H e g g l i n und H o l z m a n n (14)

$$QT = 3,9 \sqrt{RR} \pm 0,04$$

ist die am meisten bekannte Formel, die die
Quadratwurzel der Herzperiodendauer enthält,
während die bekannteste Formel mit der dritten
Wurzel aus RR von F r i d e r i c i a (9) stammt

$$QT = 8,22 \sqrt[3]{RR} \pm 0,045 .$$

Die Beziehung zwischen QT und RR als Gerade
haben S c h o c k e n (38)

$$QT = 0,151 RR + 0,248 \pm 3,5 \text{ für Männer}$$

$$QT = 0,134 RR + 0,269 \pm 3,5 \text{ für Frauen}$$

A d a m s (1)

$$QT = 0,1536 RR + 0,2462 \text{ für Männer}$$

$$QT = 0,1259 RR + 0,2789 \text{ für Frauen und}$$

L j u n g (29)

$$QT = 0,2 RR + 0,18 \pm 0,04$$

aufgestellt.

L e p e s c h k i n (27) hat in einem Schema die
QT-Abweichungen vom frequenzentsprechenden Normwert
in Prozent angegeben, wobei der mittlere Normwert
mit 100 % bezeichnet wird.

H u t t m a n n (22), L e p e s c h k i n (26),
M i c h e l (30) und S h i r l e y und H a l -
l a r a n (39) fanden die QT-Zeit bei Frauen in
der Regel länger als diejenige der Männer.
D o c k (6) fand sie dagegen beim Mann länger. Nach
S c h l o m k a und R a a b (35) und H o l z m a n n
(20) bestehen jedoch keine verwertbaren Geschlechts-
unterschiede. Eine Verlängerung der QT-Dauer mit
zunehmendem Alter fanden H o l z m a n n (20),
H u t t m a n n (22), M i c h e l (30), S c h l o m -
k a und R a a b (35), S c h l o m k a und
T h e i s s (36) und S c h l o m k a und
W i t z e n r a t h (37). H o l z m a n n (20),
S c h l o m k a und T h e i s s (36), S c h l o m -
k a und K ö n i g s (34) eruierten ein verlängertes
QT bei Hypertonikern, während H u t t m a n n (22)
keinen Einfluß des systolischen Blutdrucks auf die
QT-Zeit nachweisen konnte. Bei einer Verkleinerung
der Blutdruckamplitude stellten F r i e s e und
M e c h e l k e (10) eine QT-Verlängerung fest.

Die Messung der QT-Dauer wurde bisher unterschiedlich gehandhabt. So hat B a z e t t (3) eine weitere bekannte Beziehung zwischen QT - Zeit und Herzperiodendauer aufgestellt, dabei aber nur in Ableitung II der Standardextremitätenableitungen die QT-Zeit gemessen. Nach H u t t m a n n (21) ergibt sich aber bei vergleichender QT-Messung in Ableitung I und II eine Differenz der QT-Werte bis zu 0,01 sec. Diese Differenzen sind nach H u t t m a n n (21) mit Ableitung III verglichen noch größer. L a s s o w s k y (25) forderte daher schon 1926, daß QT in mehreren Ableitungen gemessen werden müsse. Da sich die Erregung der einzelnen Teile der Herzkammern von der Herzbasis zur Herzspitze ausbreitet und diese Kammerteile verschieden zu den bekannten Ableitungsstellen liegen, kann sich der gesamte Erregungsablauf nicht übereinstimmend auf die einzelnen Ableitungen projizieren. Mit anderen Worten: Man kann aus einer einzigen Ableitung nicht auf die wirkliche QT-Dauer schließen. Nach H o l z m a n n (20) sind genaue zeitliche Angaben nur bei gleichzeitiger Schreibung

verschiedener Ableitungen möglich. Bei solchen Simultanschreibungen ist die Ableitung mit dem frühesten Beginn der elektrischen Systole und die Ableitung mit dem spätesten Ende der T-Welle zu verwenden, wobei man auf eventuelle U-Wellen und Überlagerungen von T-Wellen mit der nächsten P-Zacke bei Tachykardien achten muß. Stets ist dabei das gesamte Untersuchungsmaterial zu beachten

Die Herzperiodendauer ist gleich dem Intervall zwischen zwei gleichnamigen Punkten zweier aufeinanderfolgender Elektrokardiogramme der gleichen Ableitung, also zum Beispiel gleich dem QQ-Intervall, RR-Intervall, SS-Intervall usw. Die Herzminutenfrequenz läßt sich dann auf Grund folgender Beziehung leicht berechnen:

Herzperiodendauer (in sec) multipliziert mit der Herzfrequenz (in Schlägen pro Minute) ist gleich 60.

Zur Bestimmung der Herzperiodendauer sind infolge zahlreicher Rhythmusschwankungen mehrere Messungen notwendig, aus denen man den arithmetischen Mittelwert bildet.

III. Theorie und Klinik der QT - Zeit

nach S c h ä f e r (33) und H o l z m a n n (20)

Ebensowenig wie die QT-Zeit der mechanischen Systole des Herzens entspricht, kann sie dem elementaren Erregungsvorgang der einzelnen Herzmuskelfaser gleichgesetzt werden. Mit dem Ende der Aktionspotentiale aller Herzmuskelfasern muß zwar auch das T-Ende eintreten, aber damit ist nicht gesagt, daß die Faser, die ihr Aktionspotential zuletzt verliert, ihre Erregung auch zuletzt erhalten hat. Wäre das der Fall, dann wäre die Dauer des gesamten Aktionspotentials aller Fasern ungefähr gleich der Dauer von QT minus derjenigen von QRS. Die QT-Zeit sagt also etwas über die Gesamtdauer der Erregungsvorgänge aller Muskelfasern in den Herzkammern aus, nicht aber über die genaue Dauer der Erregungsvorgänge in den einzelnen Fasern.

Praktische Bedeutung gewinnt die QT-Dauer, wenn man sie mit dem Mechanogramm des Herzens (Ventrikulogramm) in Beziehung setzt; dessen Ende entspricht ungefähr, jedoch nicht genau, dem Ende des Aktionspotentials. Eine Abweichung

der QT-Dauer von der mechanischen Systole kann auf rein bioelektrischen Veränderungen beruhen; sie kann mit einer gleich- oder gegensinnigen Veränderung der Dauer des Mechanogramms einhergehen; die QT-Dauer kann aber auch unverändert bleiben trotz langsamerer oder schnellerer mechanischer Vorgänge am Herzen. Seit H e g g l i n (17) gelingt die Unterscheidung dieser Fälle relativ leicht, weil ein normaler Streubereich der Normalwerte für QT bei Berücksichtigung der Herzfrequenz festgestellt werden konnte. Verspätungen der Erregungsausbreitung müssen dabei eliminiert werden; zu diesem Zweck wird von der QT-Dauer die Zeit abgezogen, um die QRS die obere Grenze der normalen QRS-Dauer übertrifft. Alle Formeln über den normalen Streubereich von QT in Abhängigkeit von der Herzfrequenz interpretieren lediglich empirisch gefundene Mittelwerte. Auch gilt nach G e p p e r t (11) keine der Formeln für den gesamten möglichen Frequenzbereich bei ein und demselben Individuum.

Die mechanische Systole ist gegenüber der elektrischen ein sekundärer Vorgang; sie hängt von der myokardialen Leistungsfähigkeit, vom Schlagvolumen und vom Aortendruck ab. Da sowohl Verlängerungen als auch Verkürzungen der mechanischen Systole ein Zeichen einer myokardialen Insuffizienz sein können, ist ihr Verhalten sehr vieldeutig. Deshalb erscheint die Ausmessung der QT-Zeit als Maß der gesamten Erregungsdauer der Summe aller Herzmuskelfasern interessant.

Die Klinik der QT-Zeit umfaßt QT-Verkürzungen und die sehr viel wichtigeren QT-Verlängerungen in Abhängigkeit von der Frequenz. Die QT-Verlängerungen wiederum entstehen durch verlängerte ST-Strecken oder durch verbreiterte T-Wellen. Die Fälle mit verlängertem ST, also die mit verlängerter Dauer der maximalen Erregung, werden in erster Linie hervorgerufen durch einen erniedrigten Blutcalciumspiegel (Hypocalcämie), wobei der Ionisationsgrad des Calciums von wesentlicher Bedeutung ist. H e r n d o r n ,

M e r o n e y und P e a r s o n (19) vertreten die Auffassung, daß das Kalium-Calcium-Verhältnis für die QT-Zeit wesentlicher sei als der Spiegel oder der Ionisationsgrad des Calciums. Das EKG gibt keinen quantitativen Anhalt für die Höhe des Ca-Spiegels (K a i s e r , K r o s c h und P o n s o l d (23)). Verlängerungen der relativen QT-Dauer können bei parathyreopriven Tetanien, bei den sogenannten Tetanien, die durch langdauerndes Erbrechen verursacht werden (Magentetanie), ferner bei enterogener Tetanie mit Fettresorptionsstörung, bei Spasmophilie, bei der Urämie, im Coma hepaticum, bei der Sprue und bei Hypoproteinämie beobachtet werden. Dieser Typ der QT-Verlängerungen geht nicht unbedingt mit Zeichen einer manifesten Herzinsuffizienz einher.

Eine Abgrenzung lokaler von allgemeinen myokardialen Schäden gelingt mitunter durch die Formanalyse der ST-Strecke und T-Welle. Ist bei verlängerter ST-Strecke die T-Welle von normaler oder fast normaler Konfiguration, dann darf eine diffuse Herzschiidigung als wahrscheinlich gelten. Liegt hingegen eine inhomogene myokardiale Schädigung vor, dann erscheinen in der Regel auch de-

formierende Veränderungen an der T-Welle. In diesen Fällen ist die Verlängerung der relativen QT-Zeit häufig nicht mit einer Hypocalcämie des Blutes vergesellschaftet; die T-Welle erscheint dann im allgemeinen verbreitert. Die T-Welle kann in diesen Fällen normal gerichtet oder deformiert und abnorm gerichtet sein. Oft ist jedoch die T-Welle von der ST-Strecke nicht sicher abgrenzbar. QT-Verlängerungen ohne Hypocalcämie werden gefunden bei linksüberlastetem Herzen, infolge arterieller Hypertonie, bei Aortenklappenfehlern, beim akuten Cor pulmonale, ferner beim Herzinfarkt, besonders im reaktiven Folgestadium, weiterhin beim totalen AV-Block, bei Infektionskrankheiten wie Diphtherie, Pneumonie, Gelenkrheumatismus, Angina, Scharlach, Sepsis und Lungentuberkulose; T a r a n und Sz i l l a g y (40) fanden sie auch außerdem noch bei rheumatischer Karditis. Die QT-Dauer kann auch bei Intoxikationen durch Barbiturate, Veratrin, Kohlenmonoxyd, Chinin und Chinidin, bei Hormonstörungen wie z.B. Myxödem, bei Morbus Addison, bei pluriglandulärer Insuffizienz und bei Paragangliom, bei Lebererkrankungen wie z.B. Lebercirrhose, Leberdystrophie, Coma hepaticum, Verschlußikterus, Porphyrrie im porphyrinurischen

Anfall, weiterhin bei schweren Kachexien, bei cerebralen Insulten, Ventrikeldurchbrüchen infolge eines cerebralen Insultes, Leptomeninxblutungen und komatösen Zuständen verschiedener Art, mitunter auch bei Vagotonien wie z.B. bei der Trainingsvagotonie der Sportler verlängert sein. Bei Hypokaliämie des Blutes kommt es häufig zu TU-Verschmelzungswellen, die eine Verlängerung der relativen QT-Dauer vortäuschen können; bei Hypokaliämien ohne gleichzeitigen Calciummangel muß QT nicht verlängert, es kann vielmehr sogar normal oder verkürzt sein (L e p e s c h k i n und S u r a - w i c z (28)).

Die energetisch-dynamische Herzinsuffizienz (H e g g l i n (17)), auch "Hegglin-Syndrom" genannt, fällt nicht unbedingt unter die QT-Verlängerungen, da dabei QT auch normal oder sogar verkürzt sein kann. Das Wesentliche besteht dann vielmehr darin, daß der zweite Herzton um mehr als 0,02 sec vor dem T-Ende liegt (H o l z m a n n (20)).

Nach H o l z m a n n (20) können als QT-Verkürzungen nur solche Befunde bezeichnet werden, bei denen eine effektive allgemeine Verkürzung der Erregungsdauer vorliegt. Lokale Verkürzungen der

Erregungsdauer würden ebenso wie lokale Verlängerungen zu Formänderungen der T-Welle führen. Nur dann, wenn eine lokale Verkürzung sich auf Teile erstreckt, in denen die Erregungsdauer normalerweise am längsten andauert, käme sie überhaupt in der QT-Zeit zum Ausdruck.

Verkürzungen der relativen QT-Dauer finden sich bei der Einwirkung von Digitaliskörpern und bei Hypercalcämien, also z.B. beim Epithelkörperchenadenom (Ostitis fibrosa generalisata). Auch bei körperlicher Arbeit kommt es zu einer Verkürzung der relativen QT-Dauer, die aber in der Regel nicht über die frequenzbedingte Verkürzung hinausgeht.

IV. Eigene Untersuchungen

1. Methodik

Aufgabe dieser Untersuchung ist es, die Grenzen des normalen Streubereich der frequenzabhängigen QT-Zeit bei nicht pathologisch veränderten Elektrokardiogrammen festzustellen und sie statistisch zu prüfen. Unter nicht pathologisch veränderten Elektrokardiogrammen werden dabei alle diejenigen verstanden, die keine Überleitungsstörung, keinen Schenkelblock und keine Störungen der Erregungs-

ausbreitung oder Erregungsrückbildung in Vorhöfen oder Kammern aufwiesen. Es kamen also nur Elektrokardiogramme zur Auswertung, die keine pathologischen Veränderungen der P-Zacken, keine PQ-Verlängerungen, keine QRS-Verbreiterungen, keine Senkung oder Anhebung der ST-Strecken und keine Deformierungen der T-Wellen erkennen liessen. Auch Fälle von sogenanntem inkomplettem Rechtsschenkelblock bzw. Wilson-Block wurden ausgeschieden, obwohl dieser Form mitunter keine pathologische Bedeutung zukommt. Eine besondere Beachtung der Lagetypen fand nicht statt. Es fanden sich in den ausgewerteten 1903 Elektrokardiogrammen jedoch nur Normaltypen, Steiltypen, Rechts- und Linkstypen.

Unter diesen Gesichtspunkten wurde das gesamte EKG-Material der I. Medizinischen Klinik und Poliklinik der Universität in Mainz aus den Jahren 1961 und 1962 durchgesehen und bei 1903 EKGs folgende Daten notiert:

1. Alter des Patienten (in Jahren)
2. Systolischer Blutdruck (in mm Hg)
3. Diastolischer Blutdruck (in mm Hg)
4. QT-Zeit (elektrische Systole) (in $\frac{\text{sec}}{100}$)
5. PQ-Zeit (in $\frac{\text{sec}}{100}$)

6. QRS-Breite (in $\frac{\text{sec}}{100}$)
7. Länge von ST + T (=QT minus QRS) (in $\frac{\text{sec}}{100}$)
8. Herzfrequenz (in Schlägen pro Minute).

Alle Messungen wurden mit dem Stechzirkel durchgeführt. Die Messung von QT und der Frequenz wurde nach den Angaben von H o l z m a n n (20) vorgenommen. Als Frequenz wurde das arithmetische Mittel aus 5 Einzelmessungen errechnet, da nach H e r - n á n d e z - G i m é n e z und H e r n á n d e z - R u i z (18) und L a l l a jr. und B r o w n jr. (24) die QT-Zeit nicht vom vorangehenden RR-Abstand abhängig ist, sondern von der durchschnittlichen Frequenz bzw. dem durchschnittlichen RR-Abstand.

Unter den 1903 Elektrokardiogrammen waren 1241 von Männern und 662 von Frauen.

Nach den Angaben des Arztes, der die Registrierung des EKGs veranlasste, wurden die EKG der Männer in folgende 3 Gruppen aufgeteilt:

- 1) Patienten ohne Herzbeschwerden (Anzahl 896)
- 2) Patienten mit Herzbeschwerden (Anzahl 202)
- 3) Patienten mit vegetativer Dystonie (Anzahl 143).

Die EKG der Frauen wurden in 4 Gruppen geteilt:

- 1) Patientinnen ohne Herzbeschwerden (Anzahl 461)

- 2) Patientinnen mit Herzbeschwerden (Anzahl 123)
- 3) Patientinnen mit vegetativer Dystonie (Anzahl 47)
- 4) Patientinnen mit Hyperthyreosen (Anzahl 31).

Die 8 Zahlenangaben wurden mit einer als Zahl verschlüsselten Angabe des Geschlechts und der Gruppenzugehörigkeit auf IBM - Lochkarten übertragen, mit denen dann am Deutschen Rechenzentrum in Darmstadt die statistische Auswertung vorgenommen wurde.

2. S t a t i s t i s c h e A u s w e r t u n g u n d E r l ä u t e r u n g d e r v e r w e n d e t e n s t a t i s t i s c h e n B e g r i f f e n a c h F r e u d e n b e r g (8) u n d R e i c h (32)

Unter Benutzung des folgenden Programms:

"BMD02D CORRELATION WITH TRANSGENERATION - VERSION
OF AUGUST 18, 1964

HEALTH SCIENCES COMPUTING FACILITY, UCLA"

wurden errechnet:

1. Korrelationskoeffizienten und
partielle Korrelationskoeffizienten
2. Regressionskoeffizienten und
Regressionsgeraden.

Alle diese Werte wurden für insgesamt 12 Variablen berechnet:

1. Alter
2. Systolischer Blutdruck
3. Diastolischer Blutdruck
4. QT-Zeit (elektrische Systole)
5. PQ-Zeit
6. QRS-Breite
7. ST plus T (= QT minus QRS)
8. Herzfrequenz
9. RR-Intervall
10. RR minus QT (= TQ = elektrische Diastole)
11. Blutdruckamplitude
12. RR minus QT minus PQ.

Die Variable 9 errechnete der Computer nach der Beziehung:

$$RR(sec) = \frac{60}{\text{Herzfrequenz (Schläge/min)}} .$$

Die elektrische Diastole (Variable 10) ergab sich als Differenz der gesamten Herzperiodendauer und der elektrischen Systole (QT-Zeit). Die Differenz Variable 2 (Systolischer Blutdruck) minus Variable 3 (Diastolischer Blutdruck) bezeichnete die Blutdruckamplitude. Die Variable 12, also die Differenz der Variablen 9 (Herzperiodendauer) minus

Variable 4 (QT-Zeit) minus Variable 5 (PQ-Zeit) wurde nur der Vollständigkeit halber mit in die Berechnungen genommen; sie charakterisiert diejenige Zeit im EKG, in der weder von den Vorhöfen noch von den Kammern irgendwelche elektrischen Erscheinungen sichtbar sind. Durch eine besondere Programmierung war es möglich, daß die elektronische Datenverarbeitungsanlage je zwei Variablen graphisch gegeneinander aufzeichnete (siehe Abb.). Das geschah in der Weise, daß zunächst die größten und kleinsten Werte für x und y herausgesucht wurden und diese beiden Abstände auf der y-Achse in 50 gleiche Intervalle und auf der x-Achse in 100 Intervalle aufgeteilt wurden. Je nachdem wie oft ein Wertepaar vorkam, trug der Computer dafür verschiedene Symbole in das Koordinatensystem ein:

Vorkommen eines Wertepaares	Symbol
1 mal	*
2 mal	2
3 mal	3
4 mal	4
5 mal	5

Vorkommen eines Wertepaares	Symbol
6 mal	6
7 mal	7
8 mal	8
9 mal	9
10 mal	A
11 mal	B
12 mal	C
13 mal	D
14 mal	E
15 mal	F
16 mal	G
17 mal	H
18 mal	I
mehr als 18 mal	/

Was war nun aus diesen statistischen Zahlen zu schließen und was versteht man unter einem Korrelationskoeffizienten und einem Regressionskoeffizienten?

Zunächst ist zu sagen, daß mit diesen beiden Koeffizienten ein Maß für die Beziehungen zwischen zwei oder mehr Reihen von Zahlen gegeben werden

kann. Zur Erläuterung des Korrelationskoeffizienten kann man die Begriffe der "Varianz" und der "Covarianz" heranziehen. Aus einer Reihe von bestimmten Zahlen, z.B. dem Alter einer Anzahl Personen, kann man ohne Schwierigkeiten das arithmetische Mittel bilden, indem man alle Altersangaben summiert und sie durch die Anzahl der Personen dividiert. Die Formel dafür lautet:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \quad \text{oder einfacher}$$
$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} .$$

Um ein solches arithmetisches Mittel streuen die Einzelwerte in unterschiedlicher Art und Weise. Ein Maß für diese Streuung ist die mittlere quadratische Abweichung s . Diese ist definiert als die Quadratwurzel aus dem Durchschnitt der Quadrate der Abweichungen der Einzelwerte von deren arithmetischem Mittel. Also ist

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} .$$

Der Ausdruck unter dem Wurzelzeichen, der gleich s^2 ist, wird auch als "Varianz" bezeichnet.

Die einfachste Formel für den Korrelationskoeffizienten zwischen einer Reihe von x-Werten und einer Reihe von y-Werten lautet nun:

$$r_{xy} = \frac{s_{xy}}{s_x \cdot s_y} .$$

Dieser Ausdruck ist gleichbedeutend mit dem folgenden:

$$r = \frac{\frac{\sum (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{n - 1}}{\sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \cdot \frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n - 1}}}$$

Unter dem Wurzelzeichen im Nenner steht also jetzt das Produkt der Varianzen von x und y. Der Zähler wird als "Covarianz" bezeichnet. In der Formel für r kommen x und y in gleicher Weise vor, sie sind also gegeneinander austauschbar. Daraus folgt

$r_{xy} = r_{yx}$. Die Korrelation ist also für die

Berechnung in beiden Richtungen dieselbe. Mathe-

matisch läßt sich nun beweisen, daß der Korrelationskoeffizient immer zwischen +1 und -1 liegen muß,

wobei diese Grenzwerte inbegriffen sind. Ein

$r_{xy} = +1$ bedeutet: Steigt x an, dann steigt y

um einen proportionalen Wert ebenfalls an. Bei

$r_{xy} = -1$ fällt y entsprechend um einen proportio-

nalen Wert beim Ansteigen von x ab. $r_{xy} = 0$ heißt, daß x und y in keinem statistischen Zusammenhang stehen. Als Faustregel für die Bewertung von Korrelationskoeffizienten kann man also folgendes sagen, wobei die Vorzeichen unberücksichtigt bleiben können:

Korrelationskoeffizient

0 - 0,25	praktisch kein Zusammenhang
0,25 - 0,5	geringer Zusammenhang
0,5 - 0,75	erheblicher Zusammenhang
0,75 - 1,0	enger Zusammenhang

Diese Zahlen werden anschaulich durch folgende Beispiele von Korrelationskoeffizienten (E y - s e n c k (7)):

0,60 zwischen Körnergröße und Körpergewicht
0,20 zwischen Intelligenzquotient und Körpergröße
0,98 zwischen der Länge des rechten und der des
linken Armes.

Auch ein ganz enger Zusammenhang bedeutet nicht, daß die beiden Größen x und y kausal voneinander abhängig sind. Zum Beispiel könnten alle beide von einer dritten Größe z abhängig sein, wodurch

auch ein Zusammenhang von x und y nachweisbar würde. Man kann also mit dem Korrelationskoeffizienten nie einen Kausalzusammenhang beweisen. Dennoch ist es möglich, bei bekanntem x -Wert den dazugehörigen y -Wert vorauszuberechnen, wenn nur die Korrelation hoch genug ist.

Durch Berechnung von partiellen Korrelationskoeffizienten ist eine durch Abhängigkeit von z vorgetäuschte Korrelation zwischen x und y aufzudecken. Wird nämlich z rechnerisch konstant gehalten, dann muß diese vorgetäuschte Korrelation verschwinden.

Der elektronische Rechenautomat berechnete neben den eigentlichen Korrelationskoeffizienten auch alle partiellen, wobei jeweils eine unserer 12 Variablen konstant gehalten wurde.

Allgemein gesagt ist der Korrelationskoeffizient also ein Maß für die Straffheit eines Zusammenhanges. Die Berechnung der Regression dient nun zur Prüfung der Frage, wie sich eine Änderung von x um einen bestimmten Betrag durchschnittlich in der Größe von y ausdrückt. In der Korrelations-

rechnung gab es nur einen Koeffizienten zwischen x und y . In der Regressionsrechnung aber ist immer nur eine einseitige Beziehung aufstellbar. So kann x als Funktion von y erklärt werden, aber auch y als Funktion von x . Beide Funktionen sind dann aber unterschiedlich. Unter der Voraussetzung, daß der Verlauf der Beobachtungspaare ungefähr dem einer Geraden entspricht, kann es nur darauf ankommen, diejenige Gerade zu finden, die sich diesem Verlauf am besten anpaßt. Nach dem Axiom von Gauß ist das diejenige Gerade, bei der die Summe der Quadrate der Abweichungen der beobachteten Werte von den Werten der gesuchten Geraden ein Minimum wird. Die allgemeine Formel einer Geraden lautet:

$$y = bx + a.$$

Der Ausdruck b in dieser Formel ist der Regressionskoeffizient. Für jede Beziehung zwischen zwei Variablen gibt es, wie schon gesagt, zwei Regressionskoeffizienten, je nachdem welche Variable man als Funktion der anderen ausdrücken will. Berechnet werden die Regressionskoeffizienten nach folgenden Formeln:

$$b_{yx} = \frac{s_{xy}}{s_x^2} \quad \text{oder} \quad b_{xy} = \frac{s_{xy}}{s_y^2} ,$$

d.h. der Regressionskoeffizient von y auf x ist gleich der Kovarianz beider Variablen dividiert durch die Varianz der Variablen, die vorhergesagt werden soll. Wie schon erwähnt ist die Formel des Korrelationskoeffizienten

$$r = \frac{s_{xy}}{s_x s_y} .$$

Multipliziert man die beiden Regressionskoeffizienten, dann erhält man also das Quadrat des Korrelationskoeffizienten :

$$b_{yx} \cdot b_{xy} = \frac{s_{xy}^2}{s_x^2 \cdot s_y^2} = r^2 .$$

Dann ist also auch

$$b_{yx} = r \frac{s_y}{s_x} \quad \text{und} \quad b_{xy} = r \frac{s_x}{s_y} .$$

Korrelationskoeffizient und Regressionskoeffizient stehen also in enger Beziehung.

Die Steigung der gesuchten Regressionsgeraden ist also der Regressionskoeffizient. Der noch fehlende Ausdruck a der Geraden ist folgender:

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad \text{bei } b_{yx} \quad \text{bzw.}$$

$$a' = \bar{x} - b\bar{y} \quad \text{bei } b_{xy} .$$

Dann lauten die beiden Regressionsgeraden allgemein:

$$Y = b_{yx} \cdot x + (\bar{y} - b_{yx} \cdot \bar{x}) \quad \text{und}$$

$$X = b_{xy} \cdot y + (\bar{x} - b_{xy} \cdot \bar{y}) .$$

Bei der Betrachtung von Regressionsgeraden ist wichtig, daß sie nur in dem beobachteten Bereich Gültigkeit haben. Man darf also nicht über den Bereich der in die Rechnung aufgegangenen x-Werte extrapolieren.

Ein Maß für die Sicherheit, mit der man auf Grund der Regressionsgleichung bei gegebenem x-Wert den y-Wert vorhersagen kann, ist die mittlere Abweichung der tatsächlichen y-Werte von den y-Werten der Regressionsgeraden.

Diese Abweichung hat folgende Formel:

$$s_{y.x} = s_y \sqrt{1 - r_{xy}^2} .$$

Durch die Regressionsgerade $\pm s_{y.x}$ werden etwa 2/3 aller Wertepaare umschlossen, bei $\pm 2s_{y.x}$ ungefähr 95 % und bei $\pm 3s_{y.x}$ etwa 99,7 %.

Der Variationskoeffizient soll die Größe der Streuung einer Häufigkeitsverteilung verdeutlichen. Er drückt die Streuung in Prozenten vom Mittelwert aus. Die Formel lautet also:

$$\text{Variationskoeffizient} = \frac{s}{\bar{x}} 100 .$$

Ein Variationskoeffizient von 10 % bedeutet also eine relativ kleine Streuung, während ein Variationskoeffizient von 80 % eine große Streuung charakterisiert.

Unter den untersuchten Korrelationen tauchen häufig solche zwischen einem Teil (QT-Dauer oder TQ-Dauer) und seinem Ganzen (RR-Intervall) auf.

Diese Korrelationen müssen mit Zurückhaltung interpretiert werden, da sie nicht die gegenseitige Beeinflussung der Variablen, sondern die Abhängigkeit der Streuung darstellen. Eine große Streuung des Teils beeinflusst die Gesamtstreuung relativ stark, d. h., der Korrelationskoeffizient zwischen Teil und Ganzem ist in diesem Fall sehr hoch.

V. Ergebnisse, Tabellen und Abbildungen.

A. Korrelationskoeffizienten

1. Für alle 1903 Fälle

CORRELATION MATRIX

ROW	COL. 1	COL. 2	COL. 3	COL. 4	COL. 5	COL. 6	COL. 7	COL. 8
1	1.0000	0.3385	0.1795	0.0820	0.1720	-0.0390	0.0902	-0.0226
2	0.3085	1.0000	0.6753	-0.0796	0.0573	-0.0024	-0.0767	0.1147
3	0.1795	0.6753	1.0000	-0.0802	0.0479	0.0300	-0.0833	0.0750
4	0.0820	-0.0796	-0.0802	1.0000	0.1066	0.0587	0.9639	-0.8620
5	0.1720	0.0573	0.0479	0.1066	1.0000	0.0782	0.0874	-0.1285
6	-0.0390	-0.0024	0.0300	0.0587	0.0782	1.0000	-0.1728	-0.1096
7	0.0902	-0.0767	-0.0833	0.9639	0.0874	-0.1728	1.0000	-0.8156
8	-0.0226	0.1147	0.0750	-0.8620	-0.1285	-0.1096	-0.8156	1.0000
9	0.0078	-0.1233	-0.0995	0.8741	0.1174	0.1063	0.8297	-0.9675
10	-0.0094	-0.1240	-0.1004	0.8150	0.1157	0.1110	0.7703	-0.9579
11	0.2726	0.8089	0.1126	-0.0432	0.0390	-0.0272	-0.0368	0.0947
12	-0.0342	-0.1181	-0.1080	0.8048	-0.0279	0.1004	0.7625	-0.9454
	COL. 9	COL. 10	COL. 11	COL. 12	COL.	COL.	COL.	COL.
1	0.0078	-0.0074	0.2726	-0.0342				
2	-0.1233	-0.1290	0.8089	-0.1381				
3	-0.0995	-0.1004	0.1126	-0.1080				
4	0.8741	0.8150	0.0432	0.8048				
5	0.1174	0.1157	0.0390	-0.0279				
6	0.1063	0.1110	-0.0272	0.1004				
7	0.8297	0.7703	-0.0368	0.7625				
8	-0.9675	-0.9579	0.0947	-0.9454				
9	1.0000	0.9940	-0.0867	0.9833				
10	0.9939	1.0000	-0.0936	0.9897				
11	-0.0868	-0.0937	1.0000	-0.0999				
12	0.0932	0.9897	-0.0999	1.0000				

Bei Anteilen mit kleiner Streuung besteht dagegen nur eine geringere Korrelation zu den (durch den stärker streuenden Anteil bedingten) Veränderungen des Ganzen. Anteile mit großem Variationskoeffizienten lassen deshalb eine stärkere Korrelation zwischen Teil und Ganzem erwarten.

2. Für die Fälle der Männer der Gruppe I

Variable	1	2	3	4
1	1.0000	0.2307	0.0837	0.0617
2	0.2307	1.0000	0.6824	-0.0833
3	0.0837	0.6824	1.0000	-0.1343
4	0.0617	-0.0833	-0.1343	1.0000
5	0.1838	0.0058	-0.0129	0.1139
6	-0.0736	-0.0650	-0.0214	0.0703
7	0.0759	-0.0651	-0.1227	0.9562
8	0.0072	0.1125	0.1352	-0.8736
9	-0.0192	-0.1214	-0.1476	0.8836
10	-0.0368	-0.1261	-0.1459	0.8291
11	0.2436	0.7841	0.0813	0.0004
12	-0.0627	-0.1271	-0.1443	0.8142
Variable	5	6	7	8
1	0.1838	-0.0736	0.0759	0.0072
2	0.0058	-0.0650	-0.0651	0.1125
3	-0.0129	-0.0214	-0.1227	0.1352
4	0.1139	0.0703	0.9562	-0.8736
5	1.0000	0.0858	0.0951	-0.1033
6	0.0858	1.0000	-0.1507	-0.0684
7	0.0951	-0.1507	1.0000	-0.8297
8	-0.1033	-0.0684	-0.8297	1.0000
9	0.0886	0.0703	0.8423	-0.9709
10	0.0800	0.0680	0.7897	-0.9619
11	0.0188	-0.0705	0.0154	0.0387
12	-0.0603	0.0561	0.7775	-0.9488

Variable	9	10	11	12.
1	-0.0192	-0.0368	0.2436	-0.0627
2	-0.1214	-0.1261	0.7841	-0.1271
3	-0.1476	-0.1459	0.0813	-0.1443
4	0.8835	0.8291	0.0004	0.8142
5	0.0886	0.0800	0.0188	-0.0603
6	0.0703	0.0680	-0.0705	0.0561
7	0.8423	0.7897	0.0154	0.7775
8	-0.9709	-0.9619	0.0387	-0.9488
9	1.0000	0.9945	-0.0401	0.9834
10	0.9944	1.0000	-0.0480	0.9902
11	-0.0401	-0.0480	1.0000	-0.0507
12	0.9833	0.9902	-0.0507	1.0000

3. Für die Fälle der Männer der Gruppe II

Variable	1	2	3	4
1	1.0000	0.2590	0.2002	0.1434
2	0.2590	1.0000	0.6297	-0.0815
3	0.2002	0.6297	1.0000	-0.1234
4	0.1434	-0.0815	-0.1234	1.0000
5	0.2006	0.1124	0.1231	0.0743
6	-0.1219	0.0205	0.0636	0.0617
7	0.1755	-0.0854	-0.1389	0.9563
8	-0.1347	0.0859	0.1418	-0.8851
9	0.1227	-0.1157	-0.1556	0.8873
10	0.1145	-0.1198	-0.1581	0.8359
11	0.1794	0.8025	0.0419	-0.0100
12	0.0831	-0.1389	-0.1792	0.8308

Variable	5	6	7	8
1	0.2006	-0.1219	0.1755	-0.1347
2	0.1124	0.0205	-0.0854	0.0859
3	0.1231	0.0636	-0.1389	0.1418
4	0.0743	0.0617	0.9563	-0.8851
5	1.0000	0.0845	0.0476	-0.1388
6	0.0845	1.0000	-0.2330	-0.0223
7	0.0476	-0.2330	1.0000	-0.8559
8	-0.1388	-0.0223	-0.8559	1.0000
9	0.1235	0.0427	0.8520	-0.9767
10	0.1306	0.0372	0.8036	-0.9675
11	0.0500	-0.0225	-0.0032	0.0015
12	-0.0294	0.0239	0.8025	-0.9531
Variable	9	10	11	12
1	0.1227	0.1145	0.1794	0.0831
2	-0.1157	-0.1198	0.8025	-0.1389
3	-0.1556	-0.1581	0.0419	-0.1792
4	0.8873	0.8359	-0.0100	0.8308
5	0.1235	0.1306	0.0500	-0.0294
6	0.0427	0.0372	-0.0225	0.0239
7	0.8520	0.8036	-0.0032	0.8025
8	-0.9767	-0.9675	0.0015	-0.9531
9	1.0000	0.9949	-0.0293	0.9831
10	0.9948	1.0000	-0.0327	0.9872
11	-0.0293	-0.0327	1.0000	-0.0410
12	0.9831	0.9872	-0.0410	1.0000

4. Für die Fälle der Männer der Gruppe III

Variable	1	2	3	4
1	1.0000	0.0773	0.1779	-0.0742
2	0.0773	1.0000	0.6504	-0.0971
3	0.1779	0.6504	1.0000	-0.1737
4	-0.0742	-0.0971	-0.1737	1.0000
5	0.2850	-0.0378	0.0421	0.1027
6	0.0301	0.0906	0.0557	0.1125
7	-0.0816	-0.1196	-0.1871	0.9681
8	0.0459	0.0780	0.1056	-0.8352
9	-0.0546	-0.1192	-0.1454	0.8776
10	-0.0485	-0.1202	-0.1345	0.8224
11	-0.0447	0.7806	0.0330	0.0151
12	-0.0996	-0.1147	-0.1433	0.8124
Variable	5	6	7	8
1	0.2850	0.0301	-0.0816	0.0459
2	-0.0378	0.0906	-0.1196	0.0780
3	0.0421	0.0557	-0.1871	0.1056
4	0.1027	0.1125	0.9681	-0.8352
5	1.0000	0.1604	0.0619	-0.1675
6	0.1604	1.0000	-0.1400	-0.1082
7	0.0619	-0.1400	1.0000	-0.8049
8	-0.1675	-0.1082	-0.8049	1.0000
9	0.1405	0.1005	0.8491	-0.9624
10	0.1443	0.0946	0.7956	-0.9591
11	-0.0843	0.0734	-0.0034	0.0158
12	-0.0320	0.0670	0.7926	-0.9390

Variable	9	10	11	12
1	-0.0546	-0.0485	-0.0447	-0.0996
2	-0.1192	-0.1202	0.7806	-0.1147
3	-0.1454	-0.1345	0.0330	-0.1433
4	0.8776	0.8224	0.0151	0.8124
5	0.1405	0.1443	-0.0843	-0.0320
6	0.1005	0.0946	0.0734	0.0670
7	0.8491	0.7956	-0.0034	0.7926
8	-0.9624	-0.9591	0.0158	-0.9390
9	1.0000	0.9945	-0.0372	0.9795
10	0.9945	1.0000	-0.0475	0.9844
11	-0.0373	-0.0475	1.0000	-0.0330
12	0.9795	0.9844	-0.0330	1.0000

5. Für die Fälle der Frauen der Gruppe I

Variable	1	2	3	4
1	1.0000	0.4263	0.2938	0.0999
2	0.4263	1.0000	0.7345	-0.0737
3	0.2938	0.7345	1.0000	-0.0242
4	0.0999	-0.0737	-0.0242	1.0000
5	0.2362	0.1370	0.1258	0.1348
6	-0.0006	0.0513	0.0099	0.0594
7	0.0999	-0.0844	-0.0262	0.9760
8	-0.0524	0.1349	0.0575	-0.8828
9	0.0451	-0.1328	-0.0661	0.8858
10	0.0298	-0.1428	-0.0742	0.8263
11	0.3801	0.5873	0.2804	-0.0859
12	-0.0053	-0.1640	-0.0934	0.8102

Variable	5	6	7	8
1	0.2362	-0.0006	0.0999	-0.0524
2	0.1370	0.0513	-0.0844	0.1349
3	0.1258	0.0099	-0.0262	0.0575
4	0.1348	0.0594	0.9760	-0.8828
5	1.0000	0.0210	0.1284	-0.1197
6	0.0210	1.0000	-0.1584	-0.1127
7	0.1284	-0.1584	1.0000	-0.8483
8	-0.1197	-0.1127	-0.8483	1.0000
9	0.1164	0.1024	0.8534	-0.9756
10	0.1077	0.1095	0.7929	-0.9645
11	0.0984	0.0651	-0.0995	0.1472
12	-0.0413	0.1069	0.7777	-0.9514
Variable	9	10	11	12
1	0.0451	0.0298	0.3801	-0.0053
2	-0.1328	-0.1428	0.8573	-0.1640
3	-0.0661	-0.0742	0.2804	-0.0934
4	0.8858	0.8263	-0.0859	0.8102
5	0.1164	0.1077	0.0984	-0.0413
6	0.1024	0.1095	0.0651	0.1069
7	0.8534	0.7929	-0.0995	0.7777
8	-0.9759	-0.9645	0.1472	-0.9514
9	1.0000	0.9933	-0.1376	0.9809
10	0.9933	1.0000	-0.1457	0.9889
11	-0.1377	-0.1457	1.0000	-0.1611
12	0.9809	0.9889	-0.1611	1.0000

6. Für die Fälle der Frauen der Gruppe II

Variable	1	2	3	4
1	1.0000	0.4702	0.2604	-0.0485
2	0.4702	1.0000	0.6440	-0.0631
3	0.2604	0.6440	1.0000	-0.1661
4	-0.0485	-0.0631	-0.1661	1.0000
5	0.2439	0.2169	0.1145	-0.0205
6	-0.0630	-0.0072	0.1436	0.0052
7	-0.0312	-0.0593	-0.1970	0.9679
8	-0.0069	0.0292	0.1276	-0.8667
9	-0.0068	-0.0390	-0.1267	0.8759
10	0.0030	-0.0322	-0.1133	0.8175
11	0.4204	0.8278	0.1040	0.0398
12	-0.0351	-0.0657	-0.1300	0.8118
Variable	5	6	7	8
1	0.2439	-0.0630	-0.0312	-0.0069
2	0.2169	-0.0072	-0.0593	0.0292
3	0.1145	0.1436	0.1970	0.1276
4	-0.0205	0.0052	0.9679	-0.8667
5	1.0000	0.0133	-0.0233	0.0082
6	0.0133	1.0000	-0.2461	-0.1380
7	-0.0233	-0.2461	1.0000	-0.8054
8	0.0082	-0.1380	-0.8054	1.0000
9	0.0031	0.1255	0.8174	-0.9772
10	0.0084	0.1486	0.7550	-0.9688
11	0.1980	-0.1147	0.0673	-0.0556
12	-0.1476	0.1449	0.7504	-0.9595

Variable	9	10	11	12
1	-0.0068	0.0030	0.4204	-0.0351
2	-0.0390	-0.0322	0.8278	-0.0657
3	-0.1267	-0.1133	0.1040	-0.1300
4	0.8759	0.8175	0.0398	0.8118
5	0.0031	0.0084	0.1980	-0.1476
6	0.1255	0.1486	-0.1147	0.1449
7	0.8174	0.7550	0.0673	0.7504
8	-0.9772	-0.9688	-0.0556	-0.9595
9	1.0000	0.9939	0.0422	0.9826
10	0.9939	1.0000	0.0412	0.9878
11	0.0421	0.0412	1.0000	0.0099
12	0.9826	0.9878	0.0099	1.0000

7. Für die Fälle der Frauen der Gruppe III

Variable	1	2	3	4
1	1.0000	0.3209	0.1940	-0.0668
2	0.3209	1.0000	0.4327	-0.1956
3	0.1940	0.4327	1.0000	-0.0448
4	-0.0668	-0.1956	-0.0448	1.0000
5	-0.0320	0.2019	0.2456	0.1579
6	-0.1504	0.0308	0.1808	-0.2705
7	-0.0267	-0.1858	-0.0822	0.9755
8	0.1584	0.3317	0.0585	-0.8452
9	-0.1374	-0.2674	-0.0360	0.8781
10	-0.1482	-0.2743	-0.0330	0.8247
11	0.1972	0.7425	-0.2826	-0.1748
12	-0.1455	-0.3044	-0.0663	0.8125

Variable	5	6	7	8
1	-0.0320	-0.1504	-0.0267	0.1584
2	0.2019	0.0308	-0.1858	0.3317
3	0.2456	0.1808	-0.0822	0.0585
4	0.1579	-0.2705	0.9755	-0.8452
5	1.0000	0.0948	0.1226	-0.1398
6	0.0948	1.0000	-0.4756	0.1235
7	0.1226	-0.4756	1.0000	-0.8005
8	-0.1398	0.1235	-0.8005	1.0000
9	0.1529	-0.1350	0.8332	-0.9788
10	0.1471	-0.1018	0.7768	-0.9767
11	0.0323	-0.1015	-0.1366	0.3095
12	0.0145	-0.1156	0.7688	-0.9686

Variable	9	10	11	12
1	-0.1374	-0.1482	0.1972	-0.1455
2	-0.2674	-0.2743	0.7425	-0.3044
3	-0.0360	-0.0330	-0.2826	-0.0663
4	0.8781	0.8247	-0.1748	0.8125
5	0.1529	0.1471	0.0323	0.0145
6	-0.1350	-0.1018	-0.1015	-0.1156
7	0.8332	0.7768	-0.1366	0.7688
8	-0.9788	-0.9767	0.3095	-0.9686
9	1.0000	0.9948	-0.2577	0.9851
10	0.9948	1.0000	-0.2673	0.9912
11	-0.2577	-0.2673	1.0000	-0.2746
12	0.9851	0.9912	-0.2746	1.0000

8. Für die Fälle der Frauen der Gruppe IV

Variable	1	2	3	4
1	1.0000	0.5339	0.0150	0.3127
2	0.5339	1.0000	0.2070	0.1020
3	0.0150	0.2070	1.0000	0.3972
4	0.3172	0.1020	0.3972	1.0000
5	0.1243	0.1406	0.1708	0.2497
6	0.1069	0.3305	0.2941	0.1201
7	0.2973	0.0489	0.3519	0.9869
8	-0.3360	-0.1222	-0.4131	-0.9729
9	0.3252	0.1616	0.4134	0.9764
10	0.3259	0.1764	0.4144	0.9622
11	0.4885	0.8071	-0.4106	-0.1447
12	0.3211	0.1657	0.4069	0.9608
Variable	5	6	7	8
1	0.1243	0.1069	0.2973	-0.3360
2	0.1406	0.3305	0.0489	-0.1222
3	0.1708	0.2941	0.3519	-0.4131
4	0.2497	0.1201	0.9869	-0.9729
5	1.0000	0.2058	0.2178	-0.2913
6	0.2058	1.0000	-0.0418	-0.1401
7	0.2178	-0.0418	1.0000	-0.9563
8	-0.2913	-0.1401	-0.9563	1.0000
9	0.2888	0.1628	0.9562	-0.9749
10	0.2970	0.1730	0.9402	-0.9676
11	0.0279	0.1305	-0.1669	0.1354
12	0.1950	0.1551	0.9417	-0.9618

Variable	9	10	11	12
1	0.3252	0.3259	0.4885	0.3211
2	0.1616	0.1764	0.8071	0.1657
3	0.4134	0.4144	-0.4106	0.4069
4	0.9764	0.9622	-0.1447	0.9608
5	0.2888	0.2970	0.0279	0.1950
6	0.1628	0.1730	0.1305	0.1551
7	0.9562	0.9402	-0.1669	0.9417
8	-0.9749	-0.9676	0.1354	-0.9618
9	1.0000	0.9983	-0.0989	0.9936
10	0.9983	1.0000	-0.0857	-0.9945
11	-0.0989	-0.0857	1.0000	-0.0911
12	0.9936	0.9945	-0.0911	1.0000

Abbildung Nr. 2



x-Achse = RR - QT (= TQ = elektrische Diastole) ($\frac{\text{sec}}{100}$)

y-Achse = Alter (Jahre)

Korrelationskoeffizient = 0.0094

Regressionsgerade: $y = -0,0104 x + 39,0202$

Abbildung Nr. 3



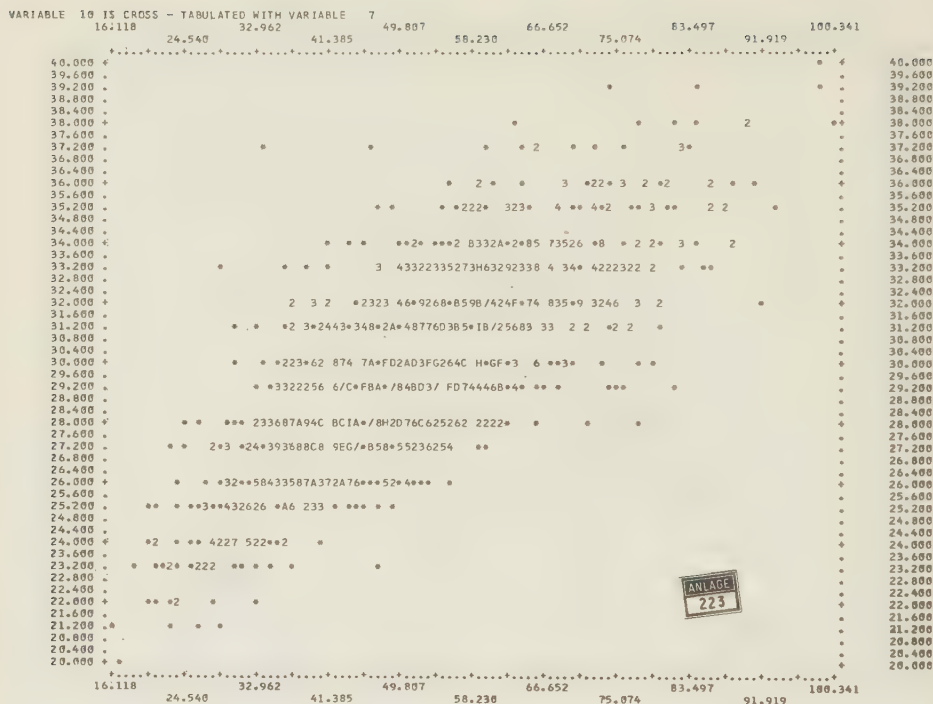
x-Achse = RR - QT (= TQ = elektrische Diastole) ($\frac{\text{sec}}{100}$)

y-Achse = PQ-Zeit ($\frac{\text{sec}}{100}$)

Korrelationskoeffizient = 0.1157

Regressionsgerade: $y = 0,0166 x + 14,4707$

Abbildung Nr. 5



x-Achse = RR - QT (= TQ = elektrische Diastole) ($\frac{\text{sec}}{100}$)

$$y\text{-Achse} = ST + T \quad (= QT - QRS) \quad \left(\frac{\text{sec}}{100}\right)$$

Korrelationskoeffizient = 0.7702

Regressionsgerade: $y = 0,1779 x + 20,4948$



y-Achse = Herzfrequenz (Schläge/Minute)

Abbildung Nr. 7



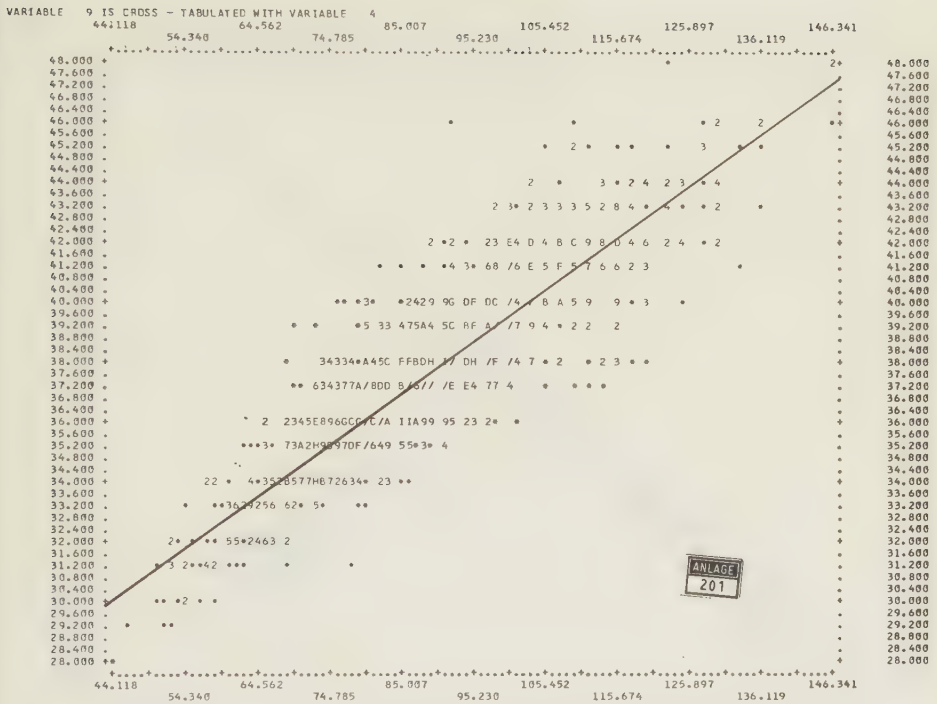
x-Achse = RR - QT (= TQ = elektrische Diastole) ($\frac{\text{sec}}{100}$)

y-Achse = Blutdruckamplitude (mm Hg)

Korrelationskoeffizient = -0.0937

Regressionsgerade: $y = -0,1012 x + 54,4603$

Abbildung Nr. 8



x-Achse = RR-Intervall (= SS-Intervall = QQ=Inter-
vall usw.) ($\frac{\text{sec}}{100}$)

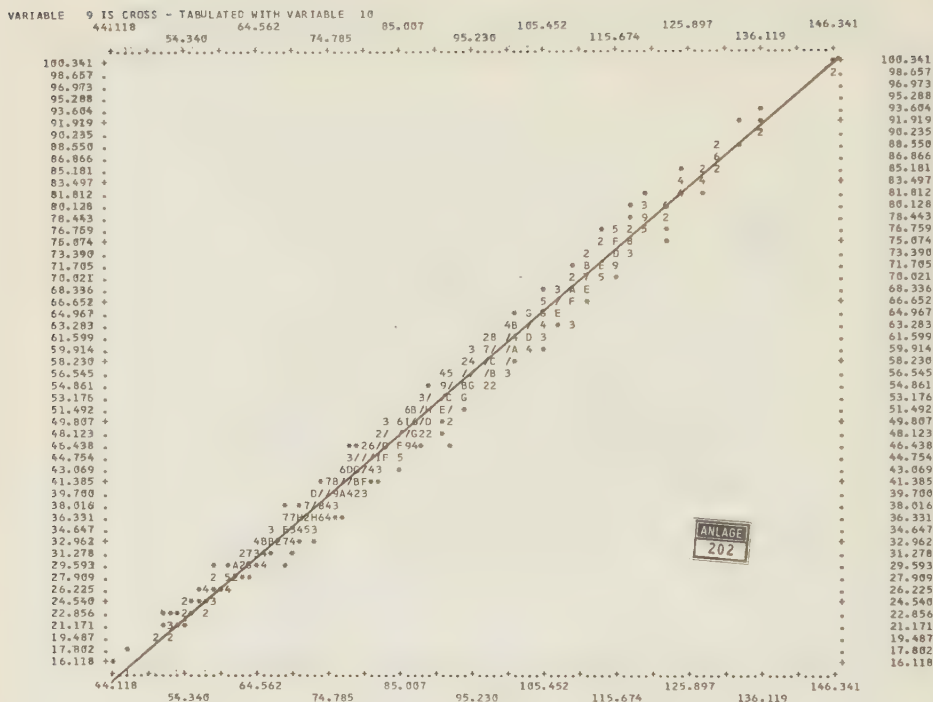
y-Achse = QT-Zeit (elektrische Systole) ($\frac{\text{sec}}{100}$)

Korrelationskoeffizient = 0,8740

Regressionsgerade: $y = 0,1669 x + 22,8478$

Variationskoeffizient der QT-Zeit ca. 7,7 %

Abbildung Nr. 9



x-Achse = RR - Intervall (= SS - Intervall = QQ - Intervall usw.) ($\frac{\text{sec}}{100}$)

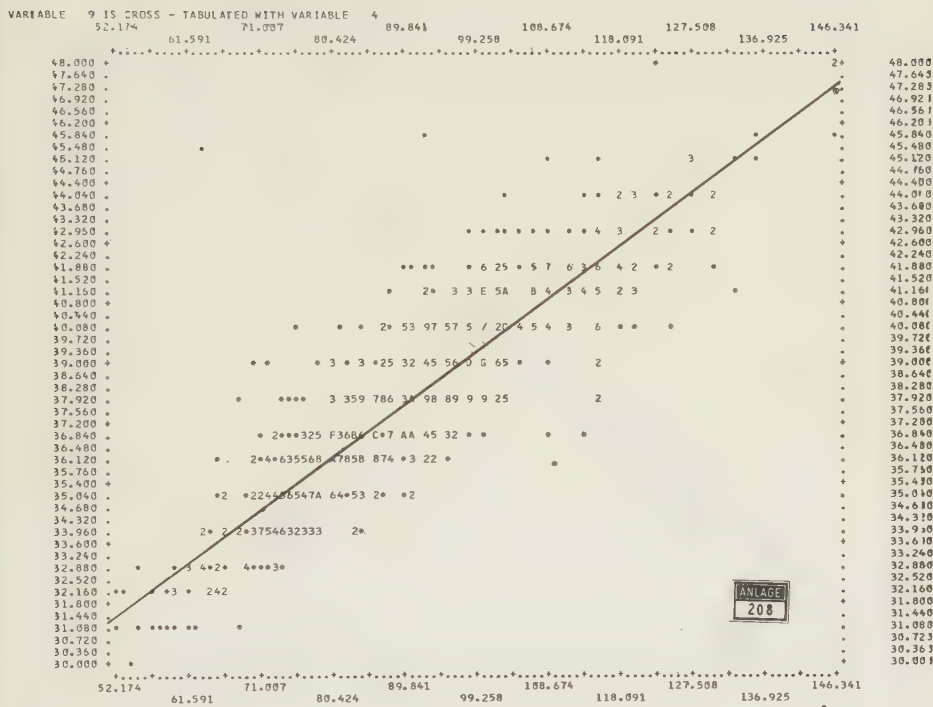
y-Achse = RR - QT (= TQ = elektrische Diastole) ($\frac{\text{sec}}{100}$)

Korrelationskoeffizient = 0.9939

Regressionsgerade: $y = 0,8331 x - 22,8437$

Variationskoeffizient der TQ-Dauer ca. 17 %

2. Die Fälle der Männer der Gruppe I



x-Achse = RR - Intervall (= SS - Intervall = QQ -

Intervall usw.) ($\frac{\text{sec}}{100}$)

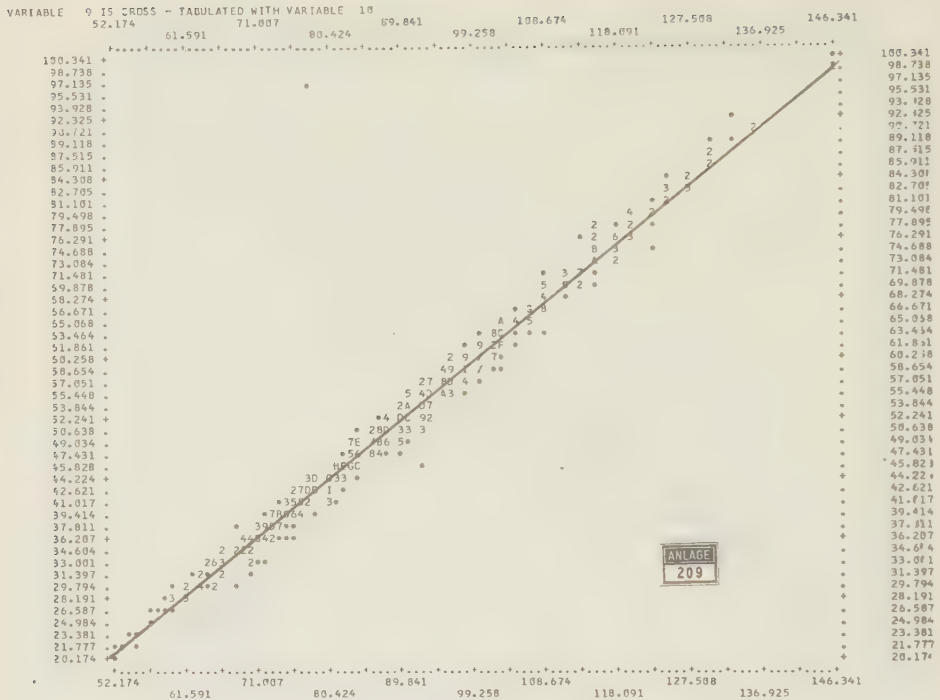
y-Achse = QT-Zeit (elektrische Systole) ($\frac{\text{sec}}{100}$)

Korrelationskoeffizient = 0.8836

Regressionsgerade: $y = 0,1671 x + 22,80$

Variationskoeffizient der QT-Zeit ca. 7,7 %

Abbildung Nr. 11



x-Achse = RR - Intervall (= SS - Intervall = QQ -
Intervall usw.) ($\frac{\text{sec}}{100}$)

y-Achse = RR - QT (= TQ = elektrische Diastole) ($\frac{\text{sec}}{100}$)

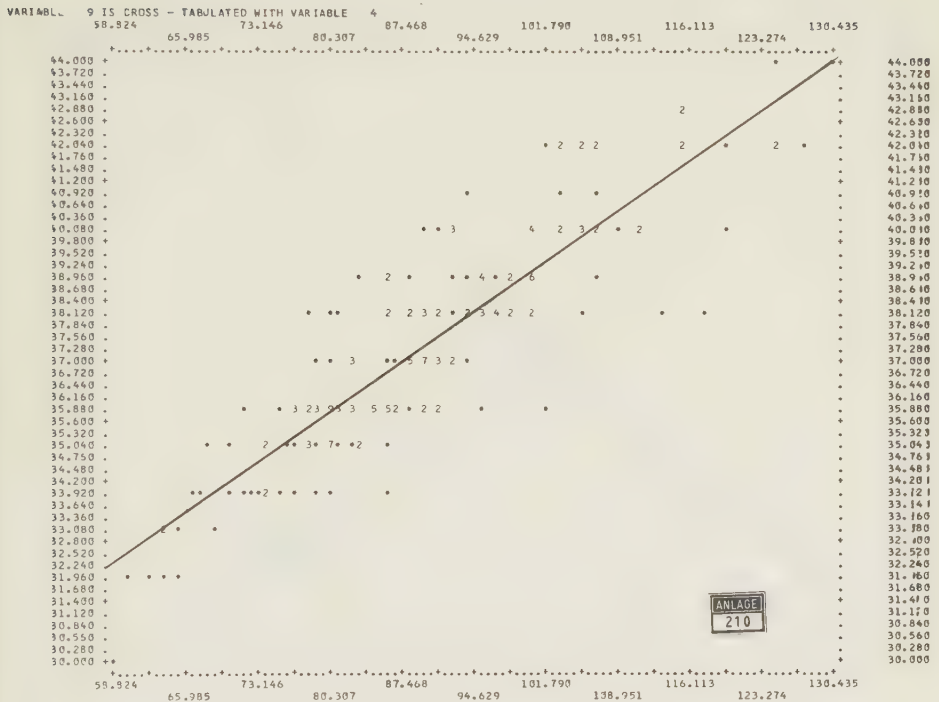
Korrelationskoeffizient = 0.9944

Regressionsgerade: $y = 0,8329 x - 22,80$

Variationskoeffizient der TQ-Dauer ca. 17 %

3. Die Fälle der Männer der Gruppe II

Abbildung Nr. 12



x-Achse = RR - Intervall ($\frac{\text{sec}}{100}$)

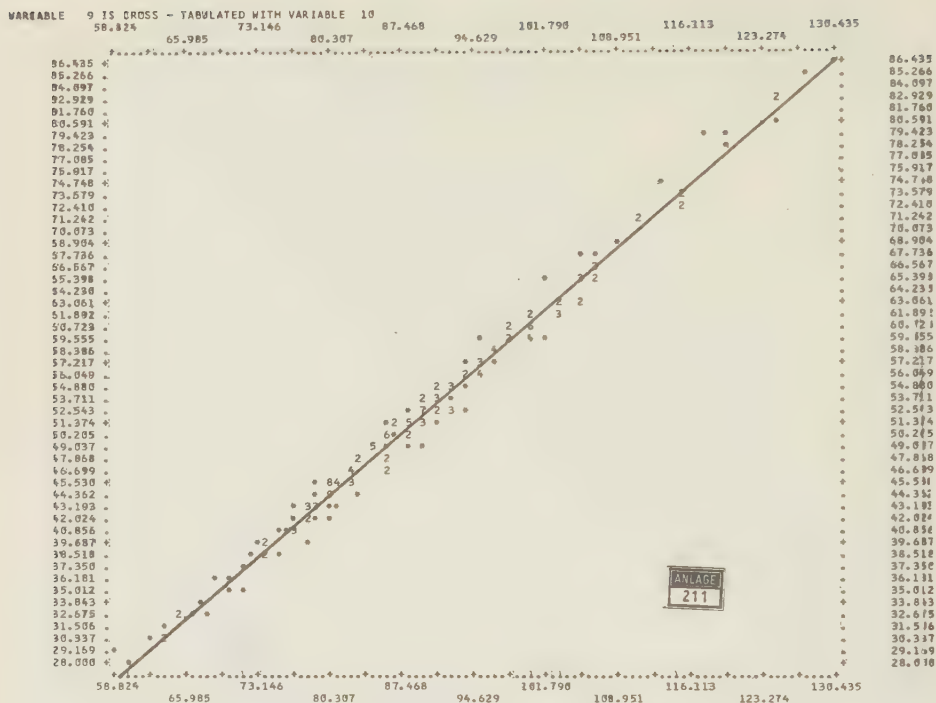
y-Achse = QT-Zeit (elektrische Systole) ($\frac{\text{sec}}{100}$)

Korrelationskoeffizient = 0.8873

Regressionsgerade: $y = 0,1640 x + 22,66$

Variationskoeffizient der QT-Dauer ca. 6,7 %

Abbildung Nr. 13



x-Achse = RR - Intervall ($\frac{\text{sec}}{100}$)

y-Achse = RR - QT (= TQ = elektrische Diastole) ($\frac{\text{sec}}{100}$)

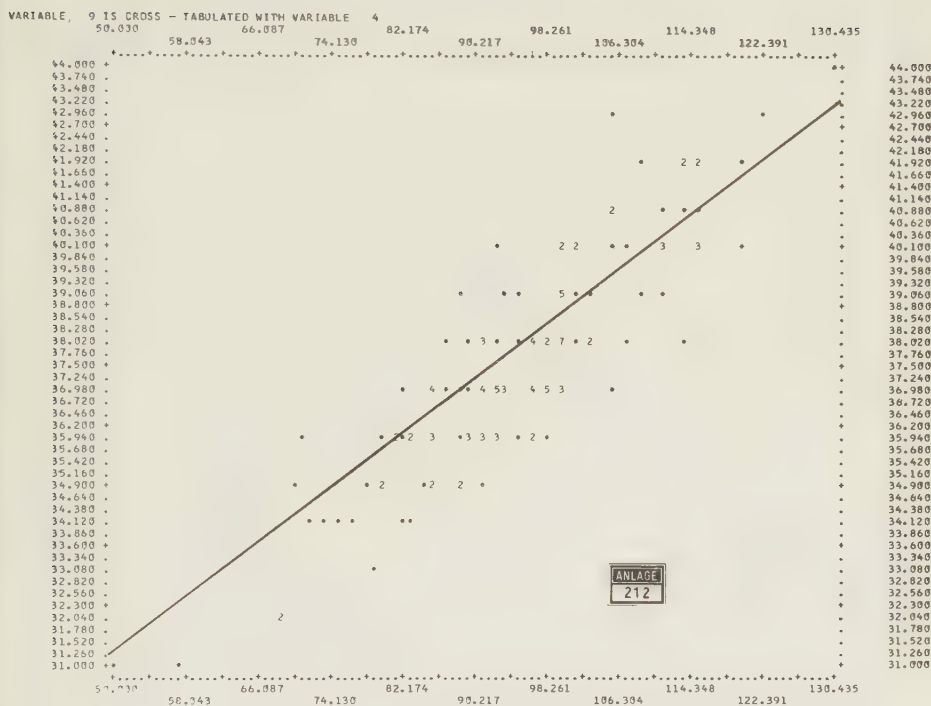
Korrelationskoeffizient = 0.9948

Regressionsgerade: $y = 0,8359 x - 22,65$

Variationskoeffizient der TQ-Dauer ca. 15,2 %

4. Die Fälle der Männer der Gruppe III

Abbildung Nr. 14



x-Achse = RR - Intervall ($\frac{\text{sec}}{100}$)

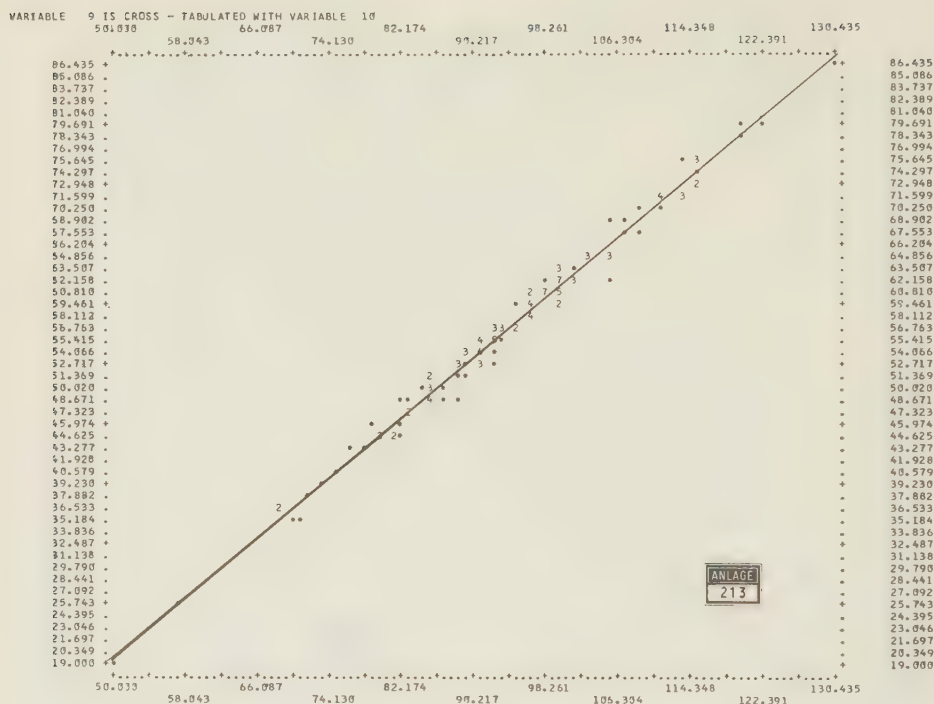
y-Achse = QT-Zeit (elektrische Systole) ($\frac{\text{sec}}{100}$)

Korrelationskoeffizient = 0.8776

Regressionsgerade: $y = 0,1620 x + 22,14$

Variationskoeffizient der QT-Dauer ca. 6,4 %

Abbildung Nr. 15



x-Achse = RR - Intervall ($\frac{\text{sec}}{100}$)

y-Achse = RR - QT (= TQ = elektrische Diastole) ($\frac{\text{sec}}{100}$)

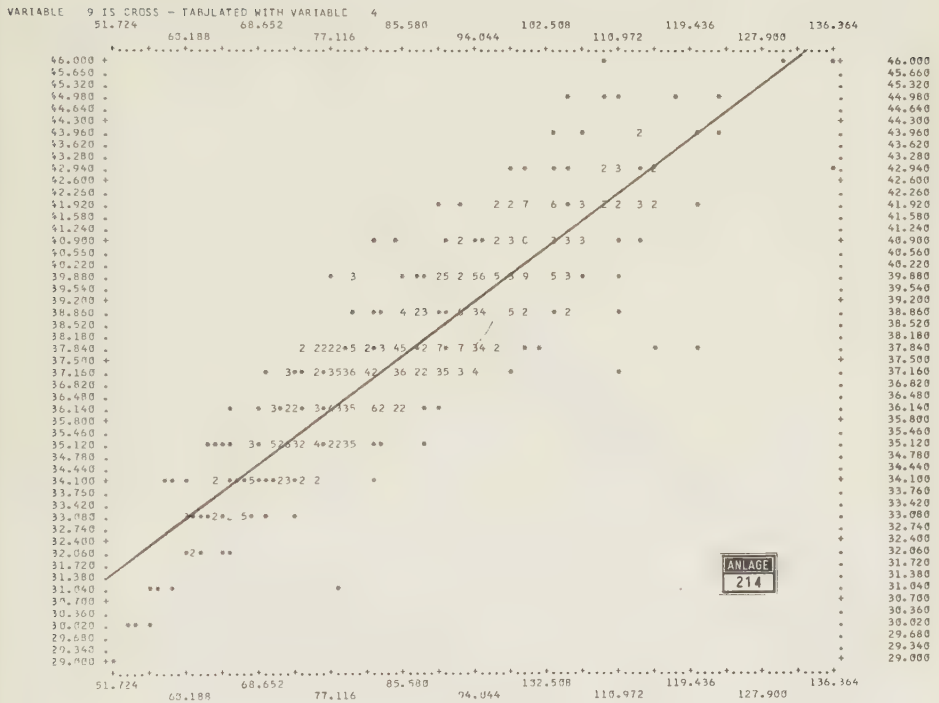
Korrelationskoeffizient = 0.9945

Regressionsgerade: $y = 0,8380 x - 22,14$

Variationskoeffizient der TQ-Dauer ca. 13,3 %

5. Die Fälle der Frauen der Gruppe I

Abbildung Nr. 16



x-Achse = RR - Intervall ($\frac{\text{sec}}{100}$)

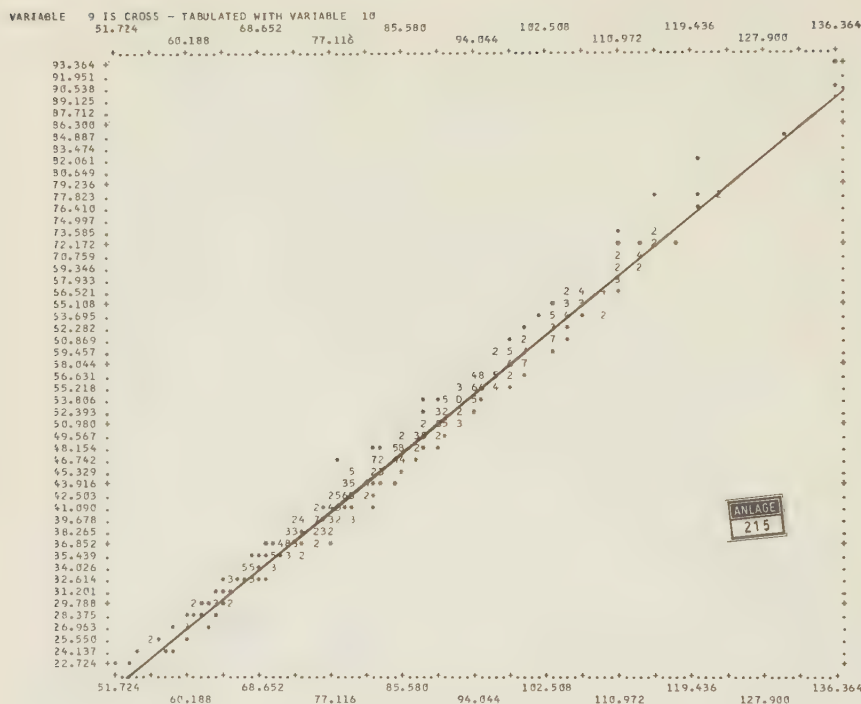
y-Achse = QT-Zeit (elektrische Systole) ($\frac{\text{sec}}{100}$)

Korrelationskoeffizient = 0.8858

Regressionsgerade: $y = 0,1815 x + 22,12$

Variationskoeffizient der QT-Dauer ca. 8,1 %

Abbildung Nr. 17



x-Achse = RR - Intervall ($\frac{\text{sec}}{100}$)

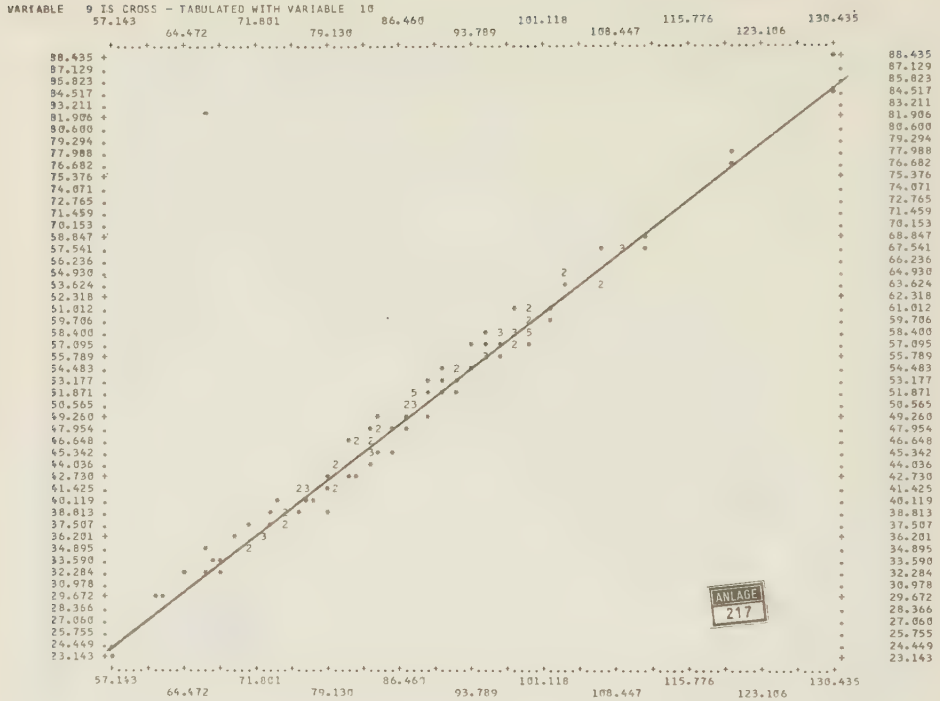
y-Achse = RR - QT (= TQ = elektrische Diastole) ($\frac{\text{sec}}{100}$)

Korrelationskoeffizient = 0.9933

Regressionsgerade: $y = 0,8185 x - 22,12$

Variationskoeffizient der TQ-Dauer ca. 17,2 %

Abbildung Nr. 19



x-Achse = RR - Intervall ($\frac{\text{sec}}{100}$)

y-Achse = RR - QT (= TQ = elektrische Diastole) ($\frac{\text{sec}}{100}$)

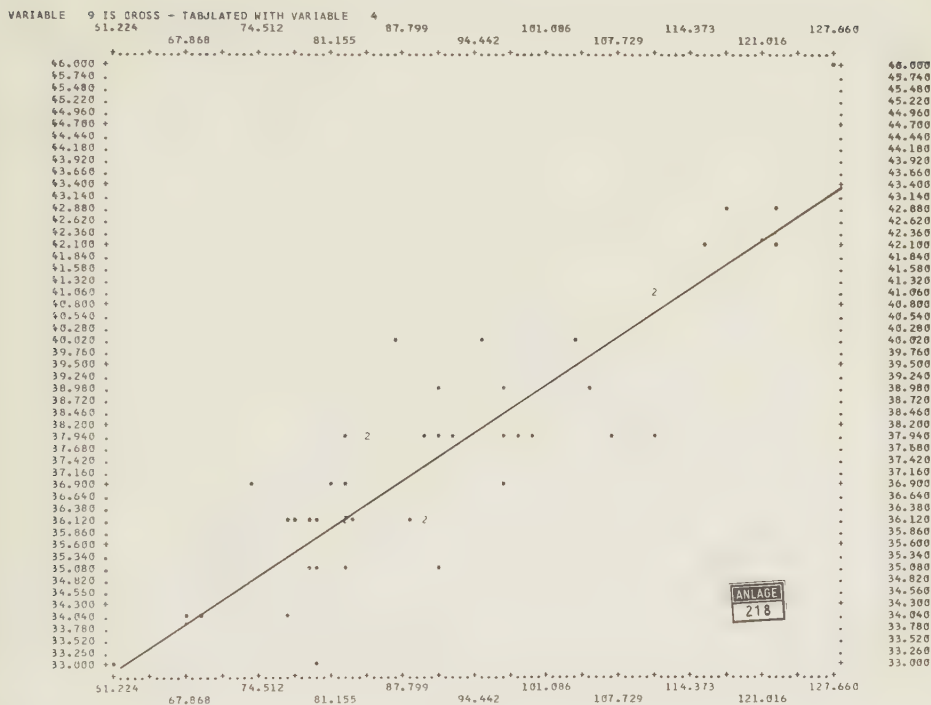
Korrelationskoeffizient = 0.9939

Regressionsgerade: $y = 0,8327 x - 23,27$

Variationskoeffizient der TQ-Dauer cà. 15,6 %

7. Die Fälle der Frauen der Gruppe III

Abbildung Nr. 20



x-Achse = RR - Intervall ($\frac{\text{sec}}{100}$)

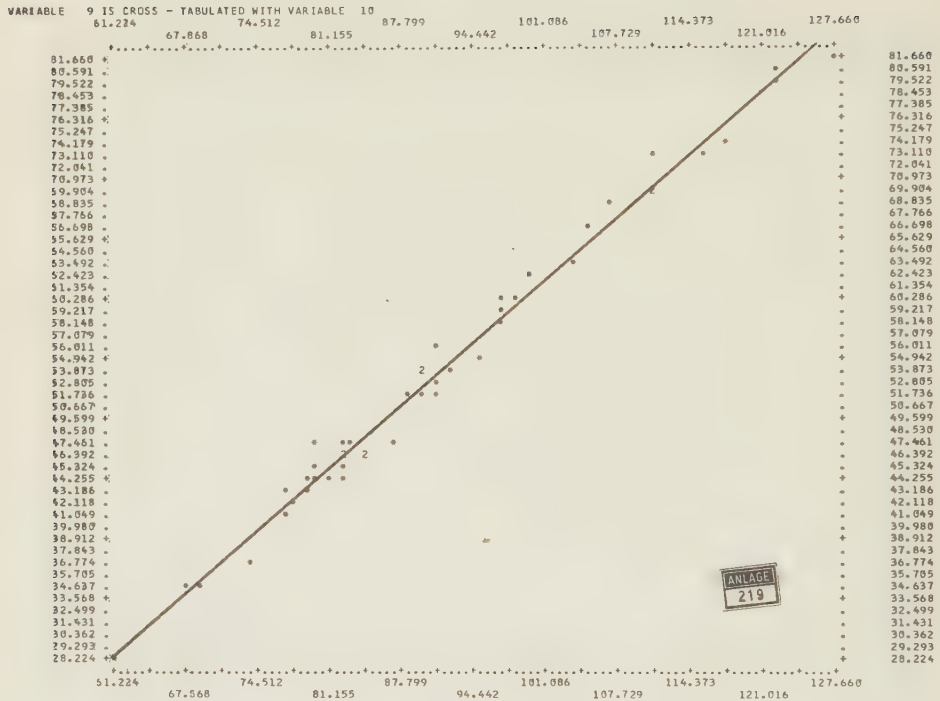
y-Achse = QT-Zeit (elektrische Systole) ($\frac{\text{sec}}{100}$)

Korrelationskoeffizient = 0.8781

Regressionsgerade: $y = 0,1585 x + 23,16$

Variationskoeffizient der QT-Dauer ca. 7,3 %

Abbildung Nr. 21



x-Achse = RR - Intervall ($\frac{\text{sec}}{100}$)

y-Achse = RR - QT (= TQ = elektrische Diastole) ($\frac{\text{sec}}{100}$)

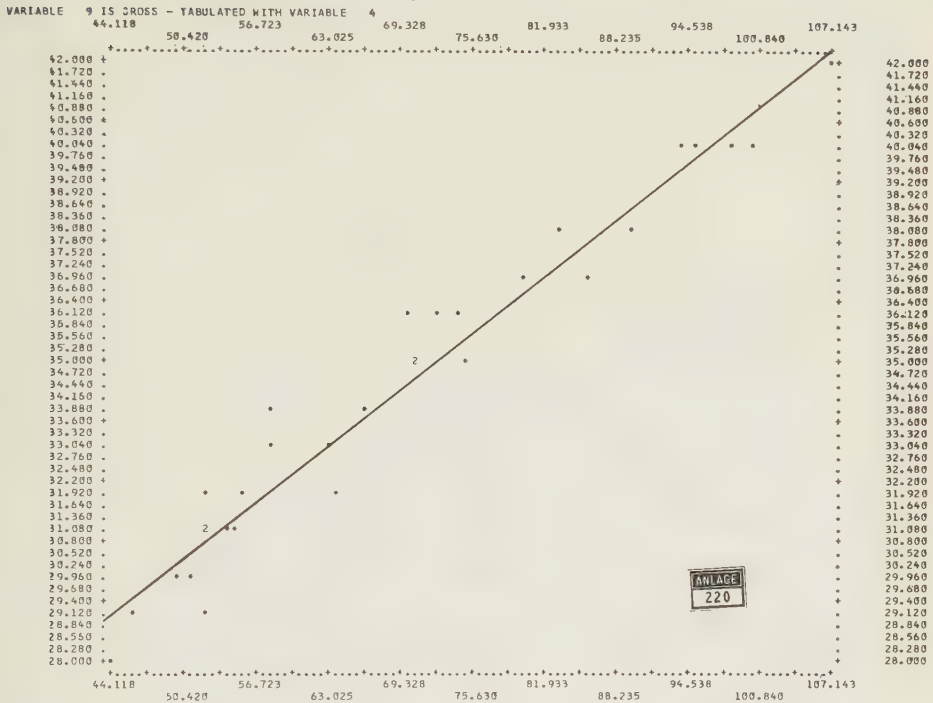
Korrelationskoeffizient = 0,9948

Regressionsgerade: $y = 0,8415 x - 23,16$

Variationskoeffizient der TQ-Dauer ca. 16,7 %

8. Die Fälle der Frauen der Gruppe IV

Abbildung Nr. 22



x-Achse = RR - Intervall ($\frac{\text{sec}}{100}$)

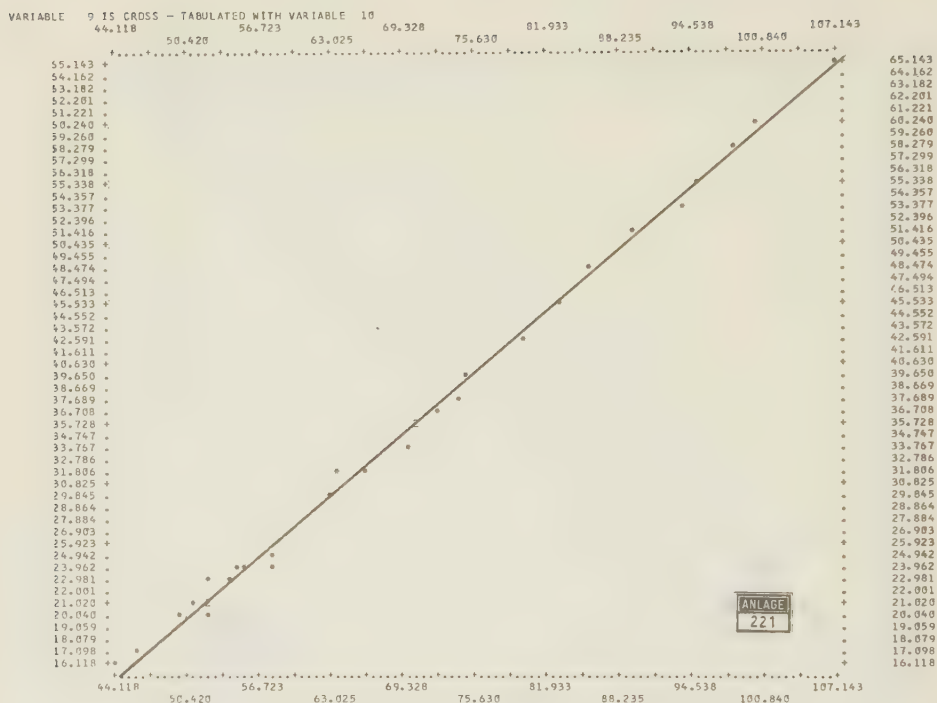
y-Achse = QT-Zeit (elektrische Systole) ($\frac{\text{sec}}{100}$)

Korrelationskoeffizient = 0.9764

Regressionsgerade: $y = 0,2087 x + 19,96$

Variationskoeffizient der QT-Dauer ca. 11,1 %

Abbildung Nr. 23



x-Achse = RR - Intervall ($\frac{\text{sec}}{100}$)

y-Achse = RR - QT (= TQ = elektrische Diastole) ($\frac{\text{sec}}{100}$)

Korrelationskoeffizient = 0.9983

Regressionsgerade: $y = 0,7913 x - 19,96$

Variationskoeffizient der TQ-Dauer ca. 26,0 %

C. Regressionsgeraden

QT, TQ, RR und die Standardabweichung der Schätzwerte, die als $\pm 2s_{y.x}$ nach der Formel auf Seite 28 errechnet wurde, sind in Hundertstelsekunden angegeben.

1. Gesamtheit aller Fälle (Anzahl 1903)

$$QT = 0.1669 RR + 22.85 \quad (2s = 2.82)$$

$$TQ = 0.8331 RR - 22.84 \quad (2s = 2.78)$$

2. Männer Gruppe I (Anzahl 896)

$$QT = 0.1671 RR + 22.80 \quad (2s = 2.72)$$

$$TQ = 0.8329 RR - 22.80 \quad (2s = 2.58)$$

3. Männer Gruppe II (Anzahl 202)

$$QT = 0.1640 RR + 22.66 \quad (2s = 2,3)$$

$$TQ = 0.8359 RR - 22.65 \quad (2s = 2.28)$$

4. Männer Gruppe III (Anzahl 143)

$$QT = 0.1620 RR + 22.14 \quad (2s = 2.22)$$

$$TQ = 0.8380 RR - 22.14 \quad (2s = 2.12)$$

5. Frauen Gruppe I (Anzahl 461)

$$QT = 0.1815 RR + 22.12 \quad (2s = 2.84)$$

$$TQ = 0.8185 RR - 22.12 \quad (2s = 2.9)$$

6. Frauen Gruppe II (Anzahl 123)

$$QT = 0.1673 RR + 23.27 \quad (2s = 2.54)$$

$$TQ = 0.8327 RR - 23.27 \quad (2s = 2.52)$$

7. Frauen Gruppe III (Anzahl 47)

$$QT = 0.1585 RR + 23.16 \quad (2s = 2.64)$$

$$TQ = 0.8415 RR - 23.16 \quad (2s = 2.58)$$

8. Frauen Gruppe IV (Anzahl 31)

$$QT = 0.2087 RR + 19.96 \quad (2s = 1.68)$$

$$TQ = 0.7913 RR - 19.96 \quad (2s = 1.78)$$

VI. D i s k u s s i o n

Bei der Betrachtung der Korrelationskoeffizienten fällt auf, daß das Alter kaum eine Korrelation mit den anderen 11 betrachteten Größen aufweist (siehe Abb. 2). Ein ganz geringer Zusammenhang allerdings besteht zwischen dem Alter einerseits und dem systolischen Blutdruck bzw. der Blutdruckamplitude andererseits, und zwar bei Frauen etwas stärker als bei Männern. Insbesondere konnte aber im Gegensatz zu den Analysen von H o l z m a n n (20), H u t t m a n n (22), M i c h e l (30), S c h l o m k a und R a a b (35), S c h l o m k a und T h e i s s (36), S c h l o m k a und W i t z e n r a t h (37) u.a. kein Zusammenhang

zwischen dem Alter und der QT-Dauer festgestellt werden. Der systolische Blutdruck (Variable 2) ist mit dem diastolischen Blutdruck korreliert, wenn auch nicht sehr stark (Abb. 1). Stärker Korreliert sind aber Blutdruckamplitude und systolischer Blutdruck, was bei der relativ kleinen Schwankungsbreite des diastolischen Blutdruckes verständlich erscheint. Auch zwischen QT-Dauer und systolischem Blutdruck konnte kein Zusammenhang festgestellt werden. Es konnte also die von H o l z m a n n (20), S c h l o m k a und T h e i s s (36), S c h l o m k a und K ö n i g s (34) und S c h l o m k a und W i t z e n r a t h (37) beschriebene verlängerte QT-Dauer bei Hypertonikern nicht festgestellt werden, obwohl, wie aus Abbildung 1 ersichtlich ist, sich eine Anzahl Hypertoniefälle in unserem Untersuchungsmaterial findet. Auch die Hyperthyreose-Fälle, bei denen der systolische Blutdruck immer erhöht war, lassen keine Korrelation zwischen QT-Dauer und systolischem Blutdruck erkennen, so daß das Ergebnis von H u t t m a n n (22) dadurch bestätigt wird.

Der diastolische Blutdruck ist nur mit dem systolischen Blutdruck korreliert.

Hinsichtlich der Korrelationen, die die QT-Dauer mit den anderen betrachteten Variablen aufweist, konnte folgendes festgestellt werden: In der Gesamtheit der Fälle ist QT stark mit der Frequenz, dem RR-Abstand (Herzperiodendauer) (Abb. 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 und 22), der elektrischen Diastole (TQ-Dauer) und der Dauer von $RR - QT - PQ$ (TQ minus PQ) korreliert. Auch bei allen Untergruppen sind diese starken Korrelationen erhalten.

Die Variable 5, die PQ-Zeit, hat überhaupt keine wesentlichen Zusammenhänge mit anderen Größen (Abb. 3).

Ebenso verhält es sich mit der QRS-Breite, der Variablen 6.

Die ST-Dauer zeigt die gleichen Zusammenhänge wie die QT-Dauer (vergleiche Abb. 4 mit Abb. 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22). Am stärksten ist sie in allen Fällen mit der QT-Zeit korreliert. Die QT-Dauer ist aus der QRS-Breite und der ST-Dauer

zusammengesetzt. Da QRS nur eine geringe Schwan-
kungsbreite besitzt - bei Schenkelblockbildern
wird ja der Betrag von der QT-Dauer abgezogen,
um den QRS ein normales QRS übertrifft - ist
es schon von vornherein wahrscheinlich, daß die
Abhängigkeit der elektrischen Systole von der
Herzperiodendauer in erster Linie durch eine
Abhängigkeit der ST-Dauer bedingt ist. B e n e -
d e t t i und S a b e n a (4) sowie B r a m -
b i l l a und M a r g a r i a (5) haben bereits
auf diesen Sachverhalt hingewiesen.

Die Variablen 8 und 9, die Herzfrequenz und
die Herzperiodendauer, zeigen genau die gleichen
Korrelationen zu anderen Variablen, da sie rezi-
prok zusammenhängen. Sie sind beide stark mit der
QT-Dauer, der ST-Dauer, der Dauer von TQ minus PQ
und beide besonders stark mit der elektrischen
Diastole, der TQ-Dauer, korreliert (Abb. 6 und 9).

Die elektrische Diastole, die Variable 10,
hat in allen Untergruppen einen starken Zusammen-
hang mit den Variablen 4 (QT-Dauer), 7 (ST-Dauer)
(Abb. 5), 8 (Herzfrequenz) (Abb. 6), 9 (Herzperioden-
dauer) (Abb. 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21 und 23) und der
Variablen 12 (TQ minus PQ).

Die Variable 11, die Blutdruckamplitude, sollte
nach F r i e s e und M e c h e l k e (10) eine
Beziehung zur QT-Dauer haben. Eine solche Beziehung
konnte jedoch weder in der Gesamtheit der Fälle
noch in irgendeiner Untergruppe festgestellt

werden. Die Variable 11 zeigt nur eine Beziehung zur Variablen 2, dem systolischen Blutdruck, die jedoch schon oben erwähnt wurde.

Alle Korrelationen der Variablen 12, TQ minus PQ, sind bereits erwähnt worden. Es sind die gleichen wie die der Variablen 10 (TQ). Da PQ keine wesentlichen Beziehungen zu anderen Größen hat, sind also die Korrelationen der Variablen 12 überwiegend durch die Korrelationen der Variablen 10 bestimmt.

Bei der Betrachtung der partiellen Korrelationskoeffizienten konnten wir keine auffallenden Besonderheiten feststellen. Als Beispiel ist nur folgendes erwähnenswert: Wurde der systolische Blutdruck konstant gehalten, dann verschwand die ohnehin geringe Korrelation zwischen Alter und Blutdruckamplitude. Diese Korrelation war also vorgetäuscht durch die Korrelation zwischen Alter und systolischem Blutdruck.

Aus den einzelnen Abbildungen kann neben der Variationsbreite der einzelnen Variablen die Art der Beziehung zwischen den beiden gegeneinander aufgetragenen Variablen mit einem Blick erkannt werden. Aus der Abbildung 1 geht also hervor, daß in der Gesamtheit der Fälle systolische Blutdruckwerte von 85 mm Hg bis 260 mm Hg vorkommen. Werden die Extremwerte ausser Betracht gelassen,

so wird erkennbar, daß sich die Werte des systolischen Blutdrucks in der Hauptsache zwischen 100 und 200 mm Hg bewegen. Diastolisch fand sich die volle Variationsbreite zwischen 45 mm Hg und 160 mm Hg, im wesentlichen aber zwischen 60 mm Hg und 120 mm Hg. Der Korrelationskoeffizient war in diesem Fall 0,6753. Bei höheren systolischen Werten lagen auch die diastolischen Werte etwas höher. Dieser Zusammenhang ist aber nicht so eng, daß bei einem bestimmten systolischen Wert der diastolische Wert sicher vorausgesagt werden könnte. Bei einem bestimmten x-Wert kommen noch fast alle y-Werte vor.

Abbildung 2 zeigt einen Fall einer Korrelation mit dem Koeffizienten 0,0094, d.h. es besteht überhaupt kein Zusammenhang. Hier kommen wirklich bei jedem x-Wert alle y-Werte vor und umgekehrt.

Das Alter der untersuchten Personen lag, wie aus Abbildung 2 hervorgeht, zwischen 6 und 84 Jahren, zwischen 14 und 70 Jahren jedoch, wenn die 12 extremsten Werte eliminiert werden.

Aus Abbildung 3 ist ersichtlich, daß zwischen der PQ-Zeit (Variationsbreite etwa 11 bis 20 msec) und der elektrischen Diastole kein Zusammenhang besteht. .

Einen starken Zusammenhang zeigt die Abbildung 4 (Korrelationskoeffizient 0,8296). So sehr sie auch der Abbildung 8 ähnelt, sie sind dennoch nicht deckungsgleich. Der Zusammenhang ist bei der

Abbildung 8 um ein geringes enger.

Interessant ist auch der Vergleich der Abbildung 6 mit der Abbildung 9. Im Grunde genommen sind die Variablen 8, die Herzfrequenz, und die Variable 9, der RR-Abstand oder die Herzperiodendauer, einander gleich. Sie können leicht ineinander umgerechnet werden. Die Abhängigkeit mit der elektrischen Diastole zeigt aber eine Besonderheit bzw. einen Unterschied zwischen den Variablen 8 und 9 auf. Ihre Umrechnungsformel

$$RR = \frac{60}{\text{Herzfrequenz}}$$

zeigt, daß sie in einem reziproken Verhältnis stehen. Dadurch kann eine an sich exakte lineare Beziehung, z.B. zwischen TQ und Herzfrequenz aufgezeichnet, zur nicht linearen Funktion werden. Die Abbildung 9 hat einen weiteren Vorteil gegenüber der Abbildung 6. Vergleicht man RR-Abstand und TQ-Dauer, so bleibt man in der gleichen Dimension, nämlich bei den im Elektrokardiogramm gemessenen Hundertstelsekunden. Die Herzfrequenz bringt aber mit der Größe "Schläge pro Minute" ein anderes Maß herein, so daß die Verhältnisse dann meist unübersichtlicher werden. Der Herzfrequenzbereich unseres Materials ist aus Abbildung 6 gut ablesbar. Er reicht von 41 bis 136 Schläge pro Minute, liegt aber mit seinem Hauptkontingent zwischen 48 und 115 Schlägen pro Minute.

Abbildung 7 soll lediglich den Variationsbereich der Blutdruckamplitude von etwa 20 bis 100 mm Hg zeigen.

Bei den Abbildungen 8 und 9 kommt als x-Wert die Herzperiodendauer, der RR-Abstand, vor. Man sieht hier und auch in allen folgenden Abbildungen (10 bis 23) für die einzelnen Untergruppen, daß die Beziehung des RR-Abstandes zur elektrischen Diastole eine höhere Korrelation zeigt als die zur elektrischen Systole. Da es sich bei diesen Korrelationen aber um solche zwischen Teil und Ganzem handelt, ist auch der Variationskoeffizient zu berücksichtigen. Da er bei der elektrischen Diastole immer um über die Hälfte größer ist, ist die höhere Korrelation zwischen Herzperiodendauer und elektrischer Diastole durch die größere Streuung der Diastole bedingt. Man kann also bei bekanntem RR-Abstand trotz höherer Korrelation über den zu erwartenden Diastolenwert keine sicherere Voraussage machen als über die zu erwartende Systolendauer.

VII. Vergleich mit den Formeln
von Hegglin-Holzmann (14),
Fridericia (9), Schocken (38),
Adams (1) und Ljung (29).

Da die bisher bekannten Formeln zur Beurteilung der relativen QT-Dauer ausnahmslos die QT-Dauer und den RR-Abstand zur Grundlage haben, sollen die festgestellten Ergebnisse mit einigen dieser Formeln in Form einer Tabelle verglichen werden:

	Frequenz = 60/min RR = 1,0 sec	Frequenz = 100/min RR = 0,6 sec
I. Andere Autoren:		
Hegglin-Holzmann	QT= 0.39 ± 0.04	QT= 0.30 ± 0.04
Fridericia	QT= 0.382 ± 0.045	QT= 0.322 ± 0.045
Schocken (Männer)	QT= 0.40 ± 0.07	QT= 0.34 ± 0.07
(Frauen)	QT= 0.405 ± 0.065	QT= 0.345 ± 0.065
Adams (Männer)	QT= 0.399	QT= 0.338
(Frauen)	QT= 0.404	QT= 0.354
Ljung	QT= 0.38 ± 0.04	QT= 0.30 ± 0.04
II. Eigene Ergebnisse:		
Gesamtheit d. Fälle	QT= 0.395 ± 0.03	QT= 0.328 ± 0.03
Männer Gruppe I	QT= 0.395 ± 0.03	QT= 0.328 ± 0.03
Gruppe II	QT= 0.39 ± 0.02	QT= 0.324 ± 0.02
Gruppe III	QT= 0.383 ± 0.02	QT= 0.318 ± 0.02
Frauen Gruppe I	QT= 0.402 ± 0.03	QT= 0.33 ± 0.03
Gruppe II	QT= 0.400 ± 0.03	QT= 0.333 ± 0.03
Gruppe III	QT= 0.39 ± 0.03	QT= 0.326 ± 0.03
Gruppe IV	QT= 0.408 ± 0.02	QT= 0.324 ± 0.02

(QT immer in msec)

Frequenz = 120/min

RR = 0,5 sec

I. Andere Autoren:

Hegglin-Holzmann	QT= 0.276 $\pm$ 0.04
Fridericia	QT= 0.303 $\pm$ 0.045
Schocken (Männer)	QT= 0.325 $\pm$ 0.07
(Frauen)	QT= 0.335 $\pm$ 0.065
Adams (Männer)	QT= 0.323
(Frauen)	QT= 0.342
Ljung	QT= 0.28 $\pm$ 0.04

II. Eigene Ergebnisse:

Gesamtheit d. Fälle	QT= 0.312 $\pm$ 0.03
Männer Gruppe I	QT= 0.311 $\pm$ 0.03
Gruppe II	QT= 0.309 $\pm$ 0.02
Gruppe III	QT= 0.302 $\pm$ 0.02
Frauen Gruppe I	QT= 0.312 $\pm$ 0.03
Gruppe II	QT= 0.316 $\pm$ 0.03
Gruppe III	QT= 0.31 $\pm$ 0.03
Gruppe IV	QT= 0.304 $\pm$ 0.02

Ebenso wie H u t t m a n n (22), L e p e s c h k i n (26), M i c h e l (30) und S h i r l e y und H a l l a r a n (39) fanden auch wir die QT-Dauer bei Frauen etwas länger als bei Männern. Davon abgesehen liegen fast alle festgestellten Werte im Schwankungsbereich der Formeln der anderen Autoren. Das bei unseren Untersuchungen errechnete Streuungsmaß beträgt $\pm 2s$, d.h. es werden dabei

also 95 % aller Werte erfaßt. Bei niedrigen Frequenzen stimmen dabei unsere Ergebnisse mehr mit denen von H e g g l i n - H o l z m a n n (14) und S c h o c k e n (38), bei hohen Frequenzen mehr mit den Werten von F r i d e r i c i a (9) überein, die also bei exakter statistischer Berechnung bestätigt werden können.

Die Beziehungen des RR-Abstandes zur elektrischen Diastole, die wir immer als zweite Regressionsgerade angegeben haben, sind bisher im Schrifttum nicht erwähnt. Eine Aussage über die Bedeutung dieser Beziehung für die Klinik ist jedoch auf Grund dieser Untersuchungen noch nicht möglich. Vielmehr muß es zukünftigen Untersuchungen überlassen bleiben zu prüfen, ob diese Beziehung für die klinische Medizin bedeutsam ist.

VIII. Zusammenfassung

Bei 1903 Elektrokardiogrammen ohne pathologische Veränderungen wurden folgende Größen ermittelt: Alter der Patienten, Blutdruck, Blutdruckamplitude, PQ, QRS, ST-Dauer, QT-Dauer, Herzfrequenz, RR-Abstand, TQ-Dauer und die Dauer von RR minus QT minus PQ. Für diese Variablen wurden die Korrelationskoeffizienten bestimmt, sowohl für alle Fälle zusammen als auch für 3 Untergruppen der Männer und 4 Untergruppen der Frauen. Die Regressionsgeraden für die linearen Beziehungen zwischen QT-Dauer und

RR-Intervall und zwischen TQ-Dauer und RR-Intervall wurden mit ihren Streuungen errechnet. Eine Abhängigkeit der QT-Dauer vom Alter, dem systolischen Blutdruck oder der Blutdruckamplitude konnte nicht festgestellt werden. Auch die TQ-Dauer war mit diesen Größen nicht korreliert.

Die Regressionsgeraden für die Beziehung von QT-Dauer zu RR-Intervall waren nicht sehr stark abweichend von einigen bisher bekannten Formeln, deren Ergebnisse statistisch bestätigt werden konnten.

IX I i t e r a t u r v e r z e i c h n i s

- 1) Adams, W.: The normal duration of the electro-
cardiographic ventricular complex.
J. clin. Invest. 15, 335, (1936)
- 2) Bartos, E. und J. Burstein : Can variations in
ventricular systole be determined from
electrocardiogram deflections?
J. of labor. a. clin. Med. 9, 217, (1924)
- 3) Bazett, H. C. : An Analysis of the Time Relation
of Ecg.
Heart 7, 353, (1920)
- 4) Benedetti, P. und V. Sabena : La variabilità
fisiologica dell' elettrocardiogramma
e le correlazioni fra le sue varie parti.
Arch. Pat. e Clin. med. 17, 491, (1938)
- 5) Brambilla, I. und R. Margaria : Correlation between
heart cycle time and the time of uniform
ventricular depolarization.
Acta cardiol. (Brux) 16, 379, (1961)
- 6) Dock, W.: Duration of Electrical Systole as Index
of Myocardial Efficiency.
Amer. Heart J. 6, 690, (1931)

- 7) Eysenck, H. J. : Wege und Abwege der Psychologie.
rowohlts deutsche enzyklopädie
Band 17 (1956)
- 8) Freudenberg, K. : Grundriß der medizinischen
Statistik.
Friedrich-Karl Schattauer Verlag
Stuttgart (1962)
- 9) Fridericia, L. S. : Die Systolendauer im EKG bei
normalen Menschen und bei Herzkranken.
Acta med. Scand. 53, 469, (1920) und
Acta med. Scand. 54, 17, (1920)
- 10) Friese, G. und K. Mechelke : Über die Beziehung
der Blutdruckamplitude zur relativen
QT-Dauer beim Lagewechsel vom Liegen
zum Stehen.
Z. Kreislaufforschg. 44, 296, (1955)
- 11) Geppert, M. P. : Die intraindividuelle QT-RR-Rela-
tion im menschlichen Elektrokardio-
gramm.
Arch. Kreislaufforschg. 15, 64, (1953)
- 12) Grosse - Brockhoff, F. und E. Strotmann :

Die zeitlichen Beziehungen der
mechanischen Systolendauer zum
Elektrokardiogramm.

Z. ges. exp. Med. 98, 227, (1936)

- 13) Hecht, H. und C. Korth : Über Wesen und Bedeutung des QT-Intervalls im EKG.

Z. Kreislaufforschg 29, 577, (1937)

- 14) Hegglin, R. und M. Holzmann : Klinische Bedeutung der verlängerten QT-Dauer.

Z. klin. Med. 132, 1, (1937)

- 15) Hegglin, R. : Über das zeitliche Verhalten von elektrischem Erregungsablauf und mechanischer Systole.

Schweiz. med. Wschr. 11, 268, (1941)

- 16) Hegglin, R. : Die verlängerte QT-Dauer im EKG.

Arch. Kreislaufforschg. 13, 173,

(1943)

- 17) Hegglin, R. : Die Klinik der energetisch - dynamischen Herzinsuffizienz.

Bibliotheca cardiologica 2, (1947)

120 Seiten, Suppl. ad Cardiologia.

- 18)Hernández - Giménez, J. und A. O. Hernández-Ruiz :
Sobre la relación entre la duración
del intervalo QT y ciclo cardiaco en
individuos con arritmia completa.
Rev. espan.Cardiol. 4, 121, (1950)
- 19)Herndon, R. F. , W. H. Meroney and C. M. Pearson :
The electrocardiographic effects of
alterations in concentration of
plasma chemicals.
Amer. Heart J. 50, 188, (1955)
- 20)Holzmann, M. : Klinische Elektrokardiographie.
5.Auflage, Georg Thieme-Verlag
Stuttgart (1965)
- 21)Huttmann, A. : Über das Verhalten der QT-Dauer in
den drei Ableitungen des menschlichen
Elektrokardiogramms.
Klin. Wschr. 19, 1237, (1940)
- 22)Huttmann, A. : Beiträge zur Physiologie des
QT-Intervalls des menschlichen Elektro-
kardiogramms.
Z. Kreislaufforschg. 46, 787, (1957)

23)Kaiser, W. , H. Krosch und W. Ponsold :

Serumkalziumgehalt und relative
QT-Dauer.

Z. ges. inn. Med. 15, 527, (1960)

24)de Lalla jr., V. and H. R. Brown jr. :

Normal respiratory variation of
cycle length QT interval, and
corrected QT interval of the
electrocardiogram.

Amer. Heart J. 39, 519, (1950)

25)Lassowsky, W. : Der Zeitverlauf der einzelnen

Phasen des Elektrokardiogramms bei
gesunden und herzkranken Individuen
und seine diagnostische Verwertung.

Z. klin. Med. 104, 357, (1926)

26)Lepeschkin, E. : Components of QT and QU intervals

of the electrocardiogram in normals.

J. Appl. Physiol. 9, 443, (1956)

27)Lepeschkin, E. : Das Elektrokardiogramm.

Steinkopff-Verlag, Dresden und Leipzig

(1947)

- 28) Lepeschkin, E. and B. Surawicz : The measurement
of the QT interval of the electro-
cardiogram.
Circulation 6, 378, (1952)
- 29) Ljung, O. : A simple formula for clinical
interpretation of the QT interval.
Acta med. Scand. 134, 79, (1949)
- 30) Michel, D. : Mechanische Systolen- und QT-Dauer
in Abhängigkeit vom Alter und
Geschlecht.
Z. Alternsforsch. 11, 10, (1957)
- 31) Miki, Y. : Experimentelle und klinische Unter-
suchungen über die QT-Dauer.
Z. f.d. ges. exper. Med. 27, 323,
(1922)
- 32) Reich, T. : Idee und Praxis der medizinischen
Statistik.
Hans Huber - Verlag, Bern und Stuttgart
(1964)
- 33) Schaefer, H. : Das Elektrokardiogramm
Theorie und Klinik.
Springer - Verlag, Berlin, Göttingen
und Heidelberg (1951)

- 34)Schlomka, G. und G. Königs : Zur Bewertung der
relativen Systolendauer.
Z. Kreislaufforschg. 30, 825, (1938)
- 35)Schlomka, G. und W. Raab : Zur Bewertung der
relativen Systolendauer.
Z. Kreislaufforschg. 28, 673, (1936)
- 36)Schlomka, G. und O. Theiss : Zur Bewertung der
relativen Systolendauer.
Z. Kreislaufforschg. 29, 385, (1936)
- 37)Schlomka, G. und W. Witzernrath : Zur Bewertung
der relativen Systolendauer.
Z. Kreislaufforschg. 30, 281, (1938)
- 38)Schocken, K. : The analysis of the normal QT in-
terval.
Exper. Med. a. Surg. 13, 258, (1955)
- 39)Shipley, R. and W. Hallaran : Four Lead Electro-
cardiogram in Two Hundred Normal Men
and Women.
Amer. Heart J. 11, 325, (1936)
- 40)Taran, L. M. and N. Szilagyi : The duration of
the electrical systole (QT) in acute
rheumatic carditis in children.

Amer. Heart J. 33, 14, (1947)

41)Waller, A. : Sur l'action électrique du coeur
humain.

Arch. des malad. du coeur, des
vaisseaux et du sang 4, 249, (1914)

An dieser Stelle möchte ich Herrn Professor Dr. Duesberg, dem Direktor der I. Medizinischen Klinik und Poliklinik der Universität Mainz, für die Übernahme des Korreferates und die Möglichkeit, an seiner Klinik arbeiten zu dürfen, herzlich danken.

Herrn Professor Dr. Spitzbarth gilt mein besonderer Dank für die Überlassung des Themas, für die tatkräftige Unterstützung und die Übernahme des Referates.

Weiterhin fühle ich mich Herrn Professor Dr. Dr. Koller, dem Direktor des Institutes für medizinische Statistik und Dokumentation der Universität Mainz, und seinem Assistenten, Herrn Dr. Dudeck, für die wertvolle Unterstützung bei allen statistischen Fragen zu Dank verpflichtet.

L e b e n s l a u f

Ich wurde am 19. Juli 1939 als dritter Sohn des Zahnarztes Dr. Alfred Wallau und seiner Frau Mathilde, geb. Bauer, in Bad Kreuznach geboren. Nach vier Jahren Volksschule in Bad Münster am Stein besuchte ich das Staatliche Gymnasium Bad Kreuznach (altsprachliche Abteilung), wo ich im März 1958 das Abitur ablegte. Im Sommersemester 1958 begann ich mein Medizinstudium an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz. Dort bestand ich nach dem zweiten Semester die naturwissenschaftliche und nach insgesamt fünf Semestern die Ärztliche Vorprüfung. Das erste klinische Semester absolvierte ich ebenfalls an der Johannes Gutenberg - Universität in Mainz. Vom siebten bis zum elften Semester war ich an der Friedrich Alexander - Universität in Erlangen - Nürnberg eingeschrieben. Dort legte ich nach dem elften Semester die Ärztliche Prüfung (Staatsexamen) ab.

Meine Ausbildung als Medizinalassistent begann ich am 1. März 1964 an der I. Medizinischen Klinik und Poliklinik der Universität in Mainz. Seit meiner Heirat im Februar 1965 bin ich als Pflichtassistent bzw. seit 1.11.66 als Assistent in den Krankenhäusern der Diakonie - Anstalten in Bad Kreuznach tätig.

